د.م. تيرنر

الكشف العلمي

ترجمة

أحمد سليمان

مراجعة

د. محمد جمال الدين الفندي

الكتاب: الكشف العلمي

الكاتب: د.م. تيرنر

ترجمة : أحمد سليمان

مراجعة : د. محمد جمال الدين الفندي

الطبعة: ٢٠٢٠

الناشر: وكالة الصحافة العربية (ناشرون)



٥ ش عبد المنعم سالم – الوحدة العربية – مدكور- الهرم – الجيزة

جمهورية مصر العربية

هاتف : ٣٥٨٢٥٢٩٣ _ ٣٥٨٦٧٥٧٦ _ ٣٥٨٦٧٥٧٥

فاكس : ٣٥٨٧٨٣٧٣

E-mail: news@apatop.comhttp://www.apatop.com

دار الكتب المصرية

فهرسة أثناء النشر

تيرنر ، د.م.

الكشف العلمي/ د.م. تيرنر، ترجمة: أحمد سليمان، مراجعة: د. محمد جمال الدين الفندي

– الجيزة – وكالة الصحافة العربية.

٣٨٣ ص، ١٨*٢١ سم.

الترقيم الدولى: ٦ – ٣١ – ٦٨١٨– ٩٧٧– ٩٧٨

أ – العنوان رقم الإيداع : ٧٥٣٣ / ٢٠٢٠

الكشف العلمي





- **ما هي اللدائن؟**
- **ما هي المضادات الحيوية؟**
- **ما هو القانون العلمي؟**
- **لماذا نرتاد الفضاء؟**
- **كيف اكتشفت الكهرباء؟**

كان العلم حتى وقت حديث يدرس في معاهد التعليم وفي كل مكان آخر سواها على أساس واقعي، وكان المدرس يعتبر أنه قد أدى واجبه حينما يكون قد شرح الظواهر، وأثبتها، وربطها بنظرية مقبولة معقولة، ونتيجة لذلك يكون الأمر من وجهة نظر التلميذ قد اتخذ مظهر الانتهاء. وهذا الاتجاه الذي لا يتلاءم مع أي فرع من فروع المعرفة الحقة لا يتلاءم بوجه خاص مع الفرع من المعرفة الخاص بالطبيعة والذي يسمى "العلم"، وذلك لأن العلم مثله مثل أي نوع من أنواع المعرفة له أسس ثابتة وطيدة في الماضي، أن الشخص الذي يشتغل بالعلم إنما يشغل نفسه بمعرفة انحدرت إليه من أسلافه، تماماً كما يفعل المحامي أو كما يفعل رجل الدين، وإذا كانت المعرفة العلمية تتطور وتنمو بدرجة أسرع من الشرائع القانونية أو الدينية، فإن ذلك يكون أدعى لمعرفة شيء عن أحوال تغيرها ونموها، ومن الممكن أن يتم هذا فقط عن طريق دراسة تاريخها، فالعلم ما هو إلا نتاج حيوي يمكن إيضاح طبيعته الحقة فقط بتتبع قصة تطوره، مثله في ذلك كمثل النتائج الأخرى لأوجه النشاط الحيوي، أن الماضي والحاضر وحدة لا انفصام لها. ومع ذلك فليس عملياً أن نقتصر على تدريس قصة العلم خلال التاريخ فحسب، أن التعليم الآن منظم، ونظام الدراسات المتجانسة أكثر إرضاء للنفس، من جهة لأن الظروف الحالية للتعليم المعملي التجريبي لا تتلاءم بسهولة مع الشرح التاريخي، ومن جهة أخرى فإنه من غير المرغوب فيه إطلاقاً أن نصرف ذهن التلميذ عن الحقيقة الجوهرية التي تتلخص في أن العلم في جوهره يختص بالبرهان المباشر لا بالحوار الذي يدور حول هذا البرهان. إنني أندفع حيث تدفعني الحقائق بقوتها   إذ لا سيد لي ألتزم بكلماته

(هوراس)

إن هذين البيتين للشاعر الروماني هوراس[1] قد أوجزا إيجازاً مناسباً جداً اتخذ شعاراً لأول جمعية علمية في بلادنا "لا تقديس لكلمة إنسان". إن تعليم التاريخ في ذات طبيعته لا يمكن أن يقترن بإقامة البرهان، وإني لأرى أنه من الحكمة لهذا السبب أن نفصل التاريخ عن التعليم التجريبي، وإنه من الأحرى أن نقوم بتدريس تاريخ العلم كفرع مستقل بذاته من أن نربط بين التاريخ والعلم، إننا نحتاج لكل منهما بدرجة متساوية، وربما يحين الوقت الذي توجد فيه طريقة مرضية لربط الاثنين سوياً، وحتى يحل هذا الوقت فإنه من شأن مؤلفات كمؤلف الدكتورة تيرنر أن تقف حائلاً دون انتكاس العلم منحدراً إلى الحالة العقائدية التي مازال معرضاً كل التعرض لأن يتخذها.

(شارلز سنجر)

(١) الشاعر والهجاء الروماني الشهير (٦٥ – ٨٠ ق.م) واسمه الحقيقي فلاكوس كوينتوس موريشيس، وكان صديقاً لفيرجيل، وقد اكتسب شهرة خالدة بهجاءاته وأناشيده وأغانيه (المترجم)



مقدمة

لقد حاولت في هذا السفر أن أبين كيف نمت بعض نواحي معرفتنا العلمية الحالية، وانحصرت معالجتي لهذا الأمر في النقاط العامة، وكلما دنوت من الأزمنة الحديثة كلما اقتضى الأمر إيجازاً أوفى، وقد اقتضب عدد الأسماء المذكورة إلى أضيق الحدود الممكنة، ومن الواجب اعتبار هؤلاء الرواد الذين ذكرت أسماؤهم أمثلة نمطية لعصرهم، لا أن يؤخذوا على أنهم هم الذين أسهموا بمفردهم في كشف معين.

وإني لمدينة في إعداد الكتاب لكثير من الأصدقاء لإسدائهم إليَّ كثيراً من المعونة القيمة، لقد وجد الأستاذ شارلز سنجر لتقديم هذتا الكتاب، بينما تكرمت مسز سنجر ووضعت تحت تصرفي نتائج بعض أبحاثها عن نقولا الكوزوي، وقرأ الدكتور إيفورهارت المخطوط بأجمعه وأعانني بكثير من النقد القيم، ومد إلي يد المساعدة في نقاط خاصة كل من المستر روبرت ستيل، والدكتورة ليلي ميستر، والآنسة فرانسز كولينز، والآنسة مود وليمز، والدكتور روبرت ديبس، والمستر ر.هـ. ريت، وقد تكرم الأستاذ فراكنبيرجر أستاذ علم الأنسجة بجامعة كومنسكي في براتسلافا، فأمدني بالصور الدقيقة المجهرية التي تضمنتها لوحات الفصل الحادي عشر، وساعدني المستر أ.أ. أليس من المتحف البريطاني مساعدة كبيرة في اختيار وسائل الإيضاح.

وإني لمدينة بشكر خاص لزوجي لنقده القيم ولنصيحته وتشجيعه.

د.م.تيرنر



مقدمة الطبعة الثانية

أثناء إعداد هذه الطبعة الجديدة قمت بإجراء بعض التنقيح في الفصل العاشر والحادي عشر والثاني عشر، وأعدت كتابة الفصل الثالث عشر مضيفة إليه فيما عدا القسمين الأخيرين منه، أما الفصلان الرابع عشر والخامس عشر فهما جديدان كل الجدة، وإني لمدينة بالكثير للآنسة جويس رجبي وللدكتور إيفور هارت لمعاونتها لي في بعض النقاط الخاصة، وللدكتور أ. آسثوبرت أندرود مدير المتحف الطبي التاريخي في ولكومب لوضعه تحت تصرفي المواد التي استقيت منها وسائل إيضاح لهذه الطبعة، وإني لمدينة كذلك بأطيب تشكراتي للمستر ن.أ.ج. رولينز المستشار العلمي للمشرفين على صالة العرض القومية، وذلك من أجل الصورة الإشعاعية السينية لرأس رجل رسمها الفنان أنتونيللو.

د. م. تيرنر



مقدمة الطبعة الثالثة

إن المدى الذي وصل العلم إليه الآن في تشكيل حياة الناس، وأفكارهم أدى إلى الرأي القائل بأنه من الواجب أن يكون للعلم نصيب في تاريخ الحضارة، وبذلك يجد له مكاناً في البرامج المدرسية. وقد أتت المطالبة بهذا من أولئك الذين يراودهم لأمل في أن مثل تلك الدراسة سوف يكون من شأنها أن تهيئ لغير العالم بعضاً من الإدراك للعلم، كما تكون تدريباً مفيداً لأولئك الذين يميلون إلى الاستهانة بما أنجزه الماضي من أعمال مجيدة. وبمثل هذه الأفكار التي دارت في خلدي نقحت كتابي الأول في تاريخ العلم، وأضفت فصولاً إلى بعض الموضوعات الكثيرة التي يصادفها القارئ العادي الآن في كل مكان.

د. م. تيرنر

الفصل الأول

نظرة إلى الوراء

١- بعض مميزات التفكير في القرون الوسطى

تصور لحظة أنك تعيش في إنجلترا في القرن الثاني عشر، وأنك مهما كانت مهنتك ستتشرب آراء معينة، ونظرة معينة إلى الحياة من أولئك الناس الذين تعيش بينهم – أنك ستتطلع إلى الماضي باحثاً عن الحكمة والحقيقة، وحينما تطرأ مسألة فإنك ستبحث عما قاله قدامى المؤلفين بصددها، وتصدق دون جدال ما قالوه، وستتولاك الحيرة وتصدم لو أنك سمعت عن رجل عالم يقوم بإجراء تجارب، ولن يطرأ على بالك إطلاقاً أن تقوم باكتشاف أمر بنفسك.

إن حكمة الماضي التي لاقت مثل هذا التبجيل خلال القرون الوسطى كانت غالبيتها مستمدة من مؤلفات إغريقية معينة وجدت طريقها إلى أوروبا المسيحية، ولكن تلك المؤلفات تداولتها ترجمات عدة وتسربت إليها أخطاء حتمية؛ فكثير من المؤلفات الإغريقية الأصلية ترجمت إلى السريانية[1] أو العبرية، ثم بعد ذلك إلى العربية، ثم إلى اللاتينية، ولم تكن هناك آلات طباعة في تلك الأيام، فكان لا بد من نسخ كل كتاب باليد، وعلى ذلك فإن النسخ وإعادة النسخ المستمرين جعلا أخطاء الترجمة أشد فحشاً، ونتج عن ذلك أن المؤلفات العلمية الأولى التي وصلت أوروبا المسيحية كانت تختلف

[1] لغة سوريا القديمة وهي لهجة من لهجات اللغة الآرامية. (المترجم)

اختلافاً بيناً في معناها عن أصولها الأولى، وعلاوة على ذلك لم تكن كل مؤلفات الكتاب القدامى ميسورة قط، ونتيجة لذلك وبصرف النظر عن أخطاء الترجمة والنسخ فإن مفكري القرون الوسطى لم يكن لديهم إلمام تام بعلوم الماضي.

أما الآن فإن العلم لا يمكن أن يتلقفه جيل من جيل آخر أو تتلقفه حضارة جديدة من حضارة قديمة كما يتلقف الإنسان طروداً محزمة تحزيماً أنيقاً، إذ هناك تغير مستمر، إن بعض مظاهر العلم القديم تتعلق بأذهان الناس أكثر من غيرها حتى تصل إلى درجة الابتذال، كما يزداد اهتمام الناس ببعض الأفكار ويتجاهلون أخرى، ولذلك فكل جيل يضيف شيئاً إلى المجموع الأصلي أو يسقط شيئاً منه، وبهذه الطريقة نشأت في العصور الوسطى بعض معتقدات كانت عبارة عن نسخ محرفة جداً للمعلومات القديمة الأصلية، فمثلاً كان الإنسان يعتقد من أزمان متوغلة في القدم أنه من الممكن التنبؤ بالقدر من ملاحظته للنجوم، وكان يظن أن هذا صحيح على الأخص فيما يتعلق بالعظماء في الأرض، إذ كان الناس يعتقدون أن السموات نفسها تلفظ ناراً إعلاناً عن موت الأمراء، وبهذه الطريقة نشأ العلم المعروف بعلم التنجيم، وقد ارتبطت تعاليم التنجيم في القرون الوسطى ببعض نظريات الفلاسفة الإغريق عن الكون، وبهذه الطريقة اكتسبت تلك التعاليم مهابة خاصة، وقد ظل هذا التنجيم المضطرب في الحقيقة موضوعاً مبجلاً بين الموضوعات الدراسية حتى وقت متأخر من القرن السابع عشر

ولم تكن هناك في القرون الوسطى أية فكرة عن التخصص كالفكرة التي لدينا الآن، فلم يكن يتخصص العالم في دراسة حياة النبات، أو في فرع من فروع الرياضيات، أو في لغة ما، إنه كان يدرس العلم ككل، ولذلك فإن

أولئك الذين كانوا يعتبرون أنفسهم فلاسفة كانوا يطيلون التأمل في المؤلفات القديمة، ويضعون كتباً فيما يظنونه العلم كله، وحاولوا إعطاء أوصاف تامة للكون وللطبيعة البشرية وللحياة الأخرى.

وكانت روح الاستقصاء الجريء منعدمة انعداماً كلياً في تلك الأيام، فمثلاً كانت المخطوطات التي تصف دقائق بعض النباتات تنسخ ويعاد نسخها، وتتكرر أخطاؤها مرة تلو المرة، على الرغم من أن مجرد ملاحظة للحظات قليلة كانت كافية لأن تظهر للكاتب أنه كان مخطئاً، وكانت التعاليم التي تتناسب مع تفسير الكتب المقدسة والتي يقوم بها كبار الكنيسة منزهة عن النقد، وكانت قيمة العلم من أجل العلم أقل من قيمته كمعاون على توكيد مكارم الأخلاق.

فعلم الحيوان مثلاً في تلك الأيام المظلمة كان يتمثل في مجموعة من القصص العلمية والقصص الخرافية في كتاب الدواب، الذي صنف في القرون الأولى من العصر المسيحي، وفي هذا المؤلف الغريب بقصصه عن العنقاء التي ترتفع من النار دون أن يمسها أذى، والبجعة التي تغذي صغارها بدماء قلبها، والجواد ذي القرن الواحد أو الأونيقورن كانت تختلط فيه البيانات سواء كانت صحيحة أو محرفة بأمثال توضيحية من الكتب المقدسة، وكان الناس يصدقون هذا كله، كما كانت هذه القصص الخرافية تنتقل من جيل إلى جيل دون أن يرتاب أحد في صحتها.

لوحة رقم ١

صفحة من إنجيل قديم مطبوع

طبع الكتاب المقدس باللغة اللاتينية في نيرنبرج عام ١٤٧٨ بواسطة الناشر المشهور أنطونيوس كوبيرجر، عم البرخت ديري، وقد كتبت الحروف الأولى في إصحاحات هذا الكتاب المقدس ملونة باليد، وعلى ذلك فإن النظرة العامة في القرون الوسطى لم تكن تحمل في طياتها أي تشجيع لدراسة

منظمة للطبيعة، تلك الدراسة التي نطلق عليها كلمة "العلم"، ولذلك فعلى الرغم من أن علماء القرن الثاني عشر والثالث عشر الذين يطلقون عليهم اسم "المدرسين" كانوا ممتازين في الجدل، إلا أنهم في نظرنا أفسدوا كل حججهم لأنهم كانوا يحاولون دائماً أن يجعلوا استنتاجاتهم تتلاءم مع ما وصل إليه أرسطو الفيلسوف الإغريقي العظيم من نتائج، حيث كانت عقيدتهم الثابتة أن كل شيء قاله كان صحيحاً، ومع ذلك فقد كان عليهم أن يتراجعوا مرة ثانية إذا لم تتفق الاستنتاجات مع بعض النواميس الكنسية، ويقيموا الحجة على أن أرسطو كان يقصد أمراً آخر.

ومثل هذه الطريقة، طريقة النظر إلى الوراء لم يكن لها أن تؤدي إطلاقاً إلى بحث تقدمي عن الحقيقة، وكان العلم يعتبر في واقع الأمر شيئاً من أشياء الماضي، شيئاً يستحق الاكتناز لا شيئاً حياً من الواجب أن تُهيأ له أسباب النمو، وقد ساد هذا الاتجاه قروناً حينما كان العلم في يد القلة، وكانت الكتب المطبوعة غير كافية، وكانت غالبية الرجال والنساء يقضون كل حياتهم في نفس المدينة أو القرية، ولكن هذه الأحوال أخذت تتغير في الأيام الأخيرة من القرون الوسطى، إذ أخذت تتحطم عزلة القرى المكتفية ذاتياً، وعزلة السيد في قلعته، كما بدأ الشباب ذو الإدراك البسيط من الذين كانوا حبساء أوطانهم يصقلون أذهانهم باحتكاكهم بأقوام من أماكن بعيدة، وحدث تبادل للأفكار وبدأ الناس ينظرون إلى العالم بعيون جديدة.

٢- الكيمياء القديمة

هناك عمليات كيميائية يرجع تاريخها إلى الماضي السحيق، فاستخلاص بعض المعادن من خاماتها وحرق الفخار وطلاؤه بالخزف،

وصناعة الزجاج والميناء واستخراج صبغة جميلة تدعى بالقرمز الصوري[١] من أنواع معينة من المحار، كل هذه الطرق كانت معروفة قبل المسيح بمئات السنين.

وكانت مثل هذه العمليات في حاجة إلى صناع مهرة، ولكنه مما يؤسف له أن اكتساب المهارة وإدخال التحسينات على الطرق الفنية لا تطابق هوى عند جميع الناس، فالرغبة في الثراء وحصول الإنسان على شيء من لا شيء موجودة باستمرار بين الجنس البشري. وكان الناس في القرون الأولى من تاريخنا نهبا لتلك الرغبات كما نحن اليوم، وقد حدث أن عضد الاعتقاد السائد في تلك الأيام أن المادة كلها مكونة من أربعة عناصر: التراب والهواء والنار والماء علاوة على عدم وجود معلومات منظمة عن تركيب المواد أهدافاً تبدو لنا أهدافاً شديدة السخف، تلك الأهداف التي كانت تتمثل في تحويل المعادن غير النفيسة مثل الحديد والرصاص إلى ذهب، وفي إيجاد إكسير الحياة وهو سائل سحري من شأنه شفاء كل ما يصيب الإنسان من أمراض، وكان هذا الفن فن تحويل المعادن غير النفيسة إلى ذهب يدعى بالكيمياء، وتندرج كيمياء العصور الوسطى بأجمعها تحت هذا الاسم[٢].

---

(١) نسبة إلى مدينة صور. (المترجم)

(٢) تكثر الإشارة في أدب تلك العصور إلى الكيمياء، وهناك بعض إشارات ظريفة من شكسبير كقوله في قصة الملك جون الثالث:

أن الشمس المجيدة/ تقوم وهي في مجراها بدور الكيميائي/ إذ تحول بنورها المنبعث من عينها البهية/ الأرض المقيمة الغليظة إلى ذهب براق

وكقوله في قصة يوليوس قيصر في المنظر الأول من الفصل الثالث:

إن ملامح وجهه التي قد تبدو عيباً فنياً/ تتحول بالكيمياء النفسية إلى فضيلة ووسامة.

وكان المبدأ القائل بأن العالم مكون من أربعة عناصر والذي كان يعتبر أساس معتقدات الكيمائي راجعاً في الغالب إلى أرسطو الذي قال متتبعاً خطى ما سبقه من رجال الفكر أن هناك أربع صفات أولية: جاف، ورطب، وبارد، وحار، وكان مفروضاً أن تكون هذه الصفات العناصر أو الجواهر الأربعة: التربة، والهواء، والنار، والماء باتحادها في ازدواجات معينة.

وعلى ذلك كان الناس يخلعون على الماء صفة البرودة والرطوبة، وعلى التراب صفة البرودة والجفاف، وعلى الهواء صفة الحرارة والرطوبة، وعلى النار صفة الحرارة والجفاف، وكان المفروض أن يتكون ما على الأرض جميعاً من هذه العناصر، وكان الناس يظنون أن السماوات وهي ثابتة لا تتغير، تتكون من عنصر خامس ألا وهو الجوهر[1].

وحينما ترجمت المؤلفات الإغريقية إلى اللغة العربية اتخذت دراسة الكيمياء طابعاً جدياً مهمًا بين علماء الإسلام من القرن السابع حتى القرن العاشر[2]، وكان هناك بين الكيميائيين كما يجب أن نتوقع، أفاقون ودجالون، ولكن بعضهم كان يعتقد مخلصاً في تحويل المعادن غير النفيسة إلى ذهب وكرسوا حياتهم للبحث عن حجر الفيلسوف[3] الذي كان يظنون أنه سيحقق هذا الغرض، وأدى بهم هذا البحث إلى إجراء تجارب عدة، ونتج عن ذلك

---

[1] إن هذه المعتقدات كثيراً ما تغني بها الشعر، فمثلاً يقول ميلتون في شعره عن الخليقة: هذه العناصر الصعبة المراس من تراب وماء ونار وهواء

هرولت إلى مستقراتها العديدة بعد ذلك/ وهذا الجوهر الأثيري السماء/ ارتفع إلى العلا زاخراً بأشكال جميلة/ تبلورت واستدارت وتحولت إلى ما نرى من نجوم.

[2] كثير من الكلمات المستعملة الآن في الكيمياء هن أصل عربي مثل قلوي والأمبيق (أداة كيميائية قديمة)، وكحول.

[3] كان غالباً ما يطلق عليه الإكسير الرباني، وكان يقترن اسمه أحياناً باسم إكسير الحياة.

أنهم ألموا بتجارب مثل التصعيد، والتقطير، وإذابة المحاليل، وعملية التبلور، كما أن المهارة التي اكتسبوها أدت إلى تحضير عديد من المواد مثل البوريك، وكربونات الصوديوم والبوتاسيوم، وكبريتات الحديدوز وكبريتات الخارصين، وفوسفات الصوديوم النوشادرية، وكذلك عدة أكاسيد وكبريتيدات وسبائك، والحقيقة أن علم الكيمياء وليد دراسات علماء الكيمياء القديمة.

وكان لزاماً على علماء الكيمياء القديمة في محاولاتهم التي بذلوها لتحويل المعادن إلى ذهب أن يضعوا خطة يسيرون على هداها، ولذلك توسعوا في نظرية العناصر الأربعة حتى تتضمن تفسيراً مقنعاً لنشأة المعادن، واعتقادًا منهم أن العناصر الأربعة نفسها: التراب، والهواء، والنار، والماء قابلة للتحويل، ظن بعض هؤلاء الكيميائيون أن المعادن والفلزات تتكون من (١) دخان ترابي هو عبارة عن ماء تحول إلى نار، (٢) من بخار مائي هو عبارة عن ماء تحول إلى هواء، وكانوا يظنون أن أول هذين العنصرين نشأ الكبريت منه، وأن الزئبق نشأ من العنصر الثاني، ولو كان كل من الكبريت والزئبق على درجة تامة من النقاوة، فإنه يتكون عن ذلك كما كانوا يظنون معادن أخرى مثل النحاس أو الرصاص أو الحديد، ولذلك كان من أهداف الكيميائيين القدامى تحضير كل من الكبريت والزئبق في حالتهما النقية، وكان الهدف الثاني تنقية المعادن غير النفيسة بقدر المستطاع، وكانوا يأملون نتيجة لذلك الحصول على الذهب بإضافة الكبريت والزئبق بالنسب الصحيحة، وبالتالي فقد أدى هذا بالكيميائيين القدامى إلى عمليات تجريبية لا نهاية لها، على الرغم من أن رغبتهم لم تتحقق قط.

وكان من السهولة التامة وضع نظرية الزئبق والكبريت موضع الاختبار التجريبي، وقد قام بهذا "جابر[1]" الكيميائي العربي في القرن العاشر، ولكنه حينما سخن الكبريت والزئبق سوياً لم يحصل على ذهب، ولكنه حصل فقط على كبريتيد الزئبقيك الذي يدعى ونجفر، وعلى ذلك فإن النظرية لم تطابق الحقائق، وكان على جابر حينئذ أن يعدل النظرية أو ينبذها كلية، ولكنه لسوء الحظ تمسك بها، وتحايل على المأزق الذي وقع فيه بادعائه أن الكبريت والزئبق اللذين تتكون منهما المعادن ليسا هما نفس الكبريت العادي والزئبق العادي الذين نقابلهما في الحياة العامة، وقد سببت مثل تلك الآراء بلبلة كبيرة في دراسة الكيمياء.

والحقيقة أن نظرة كثير من الكيميائيين القدامى إلى الأمور كانت نظرة نصف سحرية، وقد شعروا بأنهم بغموضهم كانوا يتحفظون على أسرار مهنتهم، وكانوا يخفون جهلهم وراء ستار من التمتمة بالتعاويذ وهم يراقبون أوانيهم وهي تغلي، وكانوا يشعرون براحة ورضا باستعمالهم كلمات طويلة لا يدركها أحد.

ومن دواعي ارتباكهم أنه لم تكن لديهم فكرة ما عن المادة النقية كما نعرفها اليوم، وكان ما يهتمون به في المادة إنما هو مظهرها لا وزنها ولا حجمها، والحقيقة في نظر الكيميائيين القدامى أن السائل الذي يشبه الماء إنما هو ماء، أو على الأقل نوع من الماء، وكان المعدن ذو البريق الأصفر نوع من الذهب، وكان الكثيرون يعتقدون مخلصين أنهم قد حصلوا على ذهب إذا استطاعوا تغيير لون النحاس من أحمر إلى أصفر أثناء قيامهم غير جادين

---

[1] يقصد بذلك جابر بن حيان (المترجم)

بتجارب استخدموا فيها إحدى المواد الكيماوية التي كانوا يحتفظون بها على أرففهم.

وقد افترض هؤلاء الكيميائيون دون ما سند لافتراضهم هذا أن النار مطهر عظيم وأنها تفتت الأجسام إلى عناصرها، ولذلك كانوا دائماً يبدؤون بتسخين مخاليطهم إلى أقصى درجة ممكنة في محاولاتهم الحصول على المواد النقية، وترينا جميع الصور التي رسمها هولبين الأصغر، وبيتر بريغبل الأكبر، واستردانوس، وتبنيير لورش الكيميائيين القدامى الكيميائيين محاطين بمكثفات[1]، وهياكل، وأوان، وقدور يلهبون النار بمنافيخ عظيمة أو يرعون مخاليطهم فوق النار (شكل ١).



(شكل ١)

الكيميائيون القدامى في عملهم من لوحة خشبية في متحف ستلتيفيرا ناقيس (بازل ١٤٩٧)

---

[1] قارورات ذات اعوجاجات خاصة (المترجم)

ويجب ألا ننسى أن الكيميائيين القدامى كانوا مزودين بقدر كبير من المعرفة، ولكنها معرفة لم تكن منسقة، أنهم لم يجروا اختبارات دقيقة على نظرياتهم، كما لم يتبعوا طرقاً خاصة في أبحاثهم، ولذلك كانت معلوماتهم معلومات تجريبية محضة[1]، ولم يكن من الممكن إجراء دراسة علمية لخواص المواد حتى يتسع علمهم لدرجة تريهم الموضوعات التي كان من الواجب تكريس أبحاث خاصة لها، وكانت تتطلب مثل هذه الدراسة وزناً دقيقاً للأمور وبحثاً عن العلاقات العددية، ولكن الاتجاه العام للقرون الوسطى كان يشجع التصنيف أكثر مما كان يشجع القياس.

ومع ذلك كان هناك تقدم علمي في ميادين كثيرة قبل حلول القرن الثالث عشر، وإذا كان الفلك قد أصبح من مدة طويلة موضوعاً مقرراً من مواضيع الدراسة بين العلماء العرب، ووصلت الترجمات العربية للمؤلفات الرياضية والفلكية الإغريقية أوروبا قبل نهاية القرن الثاني عشر.

وبدأ الناس يعرفون مبادئ علم الجبر وحساب المثلثات، وأخذت الأعداد العربية تحل محل الأعداد الرومانية الثقيلة الظل، وقبل حلول القرن الثالث عشر أصبح فن استخلاص المعادن العادية من خاماتها أمراً شائعاً، ولا بد أنه كان هناك كبير من المعلومات التجريبية عن الميكانيكا حتى صار من المستطاع الوصول إلى تلك المدة، وكان القرن الثالث عشر في الحقيقة عصر نهضة علمية، وقد بدأ روجر بيكون (١٢١٤-١٢٩٤) رسول الطريقة التجريبية عمله في منتصف هذا القرن.

---

(١) يتضمن فن الطهي كثيراً من المعلومات التجريبية، وتتزود الطاهية بقدر كبير من المعلومات عن خواص المواد المستعملة في الطعام أو يمكنها أن تقدر تقديراً صحيحاً تأثير الحرارة عليها ولكن معرفتها هذه ليست مما يمكن أن تسمى معرفة علمية.

٣- روجر بيكون

إن المزاعم التي تصف بيكون كرائد من رواد الكشوف العلمية كثيراً ما بولغ فيها مبالغة كبيرة، ومع ذلك فمما لا ريب فيه أنه أسهم بمساهمات مبتكرة في المعرفة العلمية، وعلى الأخص في علم البصريات، فقد وجد مثلاً أن قطعاً كروية من عدسات حارقة من شأنها أن تجعل الحروف الصغيرة تظهر كأنها كبيرة، وكان من رأيه أن مثل تلك القطع يمكن استخدامها لمساعدة أصحاب النظر القاصر، وقد ظهر استعمال النظارات بعد موته مباشرة ولا دليل لدينا على أنه صنع تلسكوباً أو مجهراً، ولكنه في الحقيقة تنبأ تنبؤاً غير صريح بتلك الآلات، إذ أنه تحدث عن إمكان استعمال عدسة لكي تظهر الشمس والقمر والنجوم كأنها متدلية إلى أسفل.

إن أهمية بيكون بالنسبة لنا تنحصر في استقلال نظرته إلى الأشياء وفي تعليقه أهمية كبيرة على قيمة التجريب المباشر، وفوق كل ذلك في إدراكه لعدم جدوى طرق (العلماء المدرسيين) لاكتشاف الحقيقة، وكان بيكون جريئاً بدرجة أنه في عصر أضاع فيه العلماء الذين بلغوا أعلى قمة من الشهرة وقتهم في مجادلات لا نهاية لها حول معنى تعبيرات مثل المادة والصورة استنكر كثيراً من هذه المجادلات التي لا طائل تحتها، ولكن نصائحه وتعليماته لم تجد أذناً صاغية، وذلك لأن الذين حطموا التقاليد في القرن التالي وبحثوا عن الحقيقة سالكين سبيل التجربة الدقيقة الوعرة لم يكونوا هم الفلاسفة والعلماء المعترف بهم، ولكنهم كانوا هم الفنانين والعاملين المغمورين.

٤- أول كتب مطبوعة

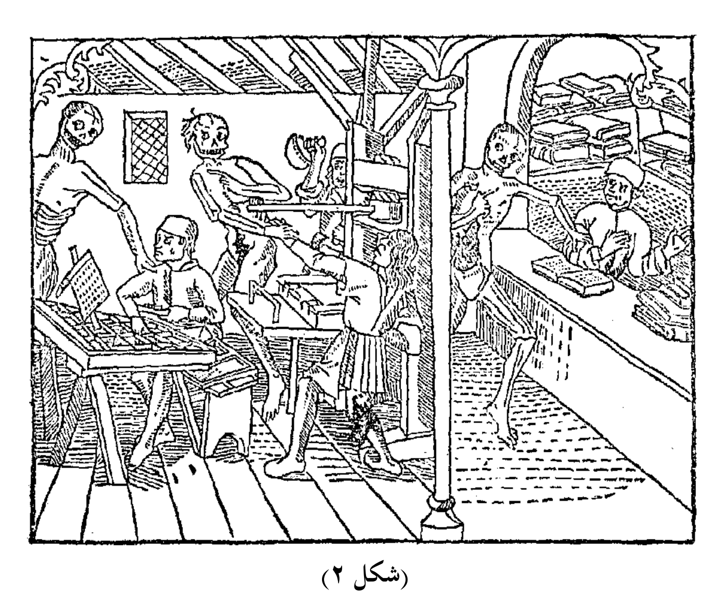
إن ظهور الكتب المطبوعة في أوروبا حوالي منتصف القرن الخامس عشر هو أحد العوامل الرئيسية التي تفرق بين العصور الوسطى والعصور الحديثة، وكانت الكتب لا يقتنيها إلا القليل من الناس عندما كانت تطبع على ورق مصنوع من مادة غالية مثل الرق، ولذلك كان الحصول على كميات كبيرة من الورق أول الضروريات اللازمة لإنتاج الكتب على مدى واسع.

وكان المصريون في العصور القديمة يكتبون على سيقان ورق البردي المجففة بعناية والتي كانت تنمو على ضفاف النيل، وكان سكان بيرجاموم في آسيا الصغرى أول من أرى الناس طريقة إعداد جلود الحيوانات التي كان من الممكن الكتابة عليها، وأصبحت الجلود المعدة بهذه الطريقة تعرف بالبرشمان أو الرق، وظلت حتى القرن الرابع عشر هي المادة الرئيسية المستعملة في أوروبا للكتابة عليها، وكانت الطباعة وطيدة الأركان في الصين قبل حلول القرن الحادي عشر، ولم يمض زمن طويل بعد ذلك حتى صنع العرب في إسبانيا الورق بتقطيع ألياف الكتان وخلطها بالماء وعجنها حتى تصير لباباً، وفردها إلى أفرخ ثم تركها لتجف، وانتقلت الصناعة من إسبانيا إلى إيطاليا وشاعت في القرنين الرابع عشر والخامس عشر بدرجة أن استعمل الورق بدلاً من الرق في المخطوطات.

وبمجرد أن أصبح الورق ميسوراً بدا أن الطباعة أصبحت أمراً لا شك فيه تبعاً لذلك، حقيقة كان مبدأ صناعة تصميمات بارزة على قطع مسطحة من الخشب أو المعدن ممارساً من عصور متناهية في القدم، وكانت تستعمل تلك القطع الخشبية في العصور الوسطى أختاماً توقع بها حروف الأسماء الأولى،

ولطباعة صور على القماش، وطباعة كتب مصورة بأكملها، ولذلك كان الانتقال من حفر صور مجسمة إلى صفحات كتابية أمراً بسيطاً، وكانت أولى الكتب المطبوعة الكتب الروشمية، كما كانت تدعى عبارة عن صفحات مطبوعة بواسطة قطع خشبية محفورة حفراً تاماً، مثلها بالضبط مثل الكتب المصورة المطبوعة برواشم الخشب، وكانت عملية حفر روشم خشبي جديد لكل صفحة من صفحات الكتاب عملية شاقة عسيرة.

وكان مما يوفر الوقت توفيراً كبيراً جداً أن تكون هناك كمية من الرواشم لكل حرف من الحروف الهجائية، وتضم هذه بعضها إلى بعض لتكوين الكلمات المطلوبة، ويطلق على هذه العملية عملية الطباعة بواسطة الحروف المتحركة (شكل ٢)، وليس هناك تاريخ معين يحدد لنا متى اخترعت حروف الطباعة المتحركة في أوروبا، ولكن أكبر من يدعي شرف هذا الاختراع هو "جوتنبرج" الذي نشر إنجيلاً مطبوعاً بواسطة حروف الطباعة المتحركة حوالي سنة ١٤٥٤.



(شكل ٢)

آلة طباعة برجل يصف الحروف وآخر يديرها، بريشة دانس ماكابر، ليون ١٤٩٩

وقد روعي في أول كتب مطبوعة أن تكون شبيهة بقدر الإمكان بالكتب المنسوخة باليد، وبالفعل كانت ترسم في أول الأمر الحروف الأولى في بدء كل فصل باليد، وحاول رجال الطباعة الأول الاحتفاظ بسر الطرق التي كانوا يتبعونها، ولكن ذلك لم يكن في حيز الإمكان، إذ سرعان ما ظهر هناك رجال طباعة في مناطق أخرى في ألمانيا، وهولندا، وإيطاليا، وفي سنة ١٤٧٦ أنشأ كاستون مطبعته الشهيرة في وستمنستر، وكان معنى ظهور الكتب المطبوعة أن أوروبا بدأت حياتها من جديد، ومن ذلك الوقت فصاعداً لم يعد العلم في يد القلة، ولكن قدر له أن يصبح تراثاً عاماً للجماهير.

٥ - الدنيا الجديدة

إن بعضاً من مظاهر حياتنا اليوم يمكن إرجاعها إلى الوقت الذي أوجد فيه كولومبس والبحارة العظام المخاطرون الآخر اتصال أوروبا بالعالم الجديد والشرق الأقصى لأول مرة، وترجع نشأة بعض المميزات الأخرى إلى التجارة البرية التي كانت موجودة بين إنجلترا والمدن المستقلة مثل جنوة، والبندقية، وإنتويرب، ونورنبيرج في أواخر القرون الوسطى، وقد قابل تجارنا أثناء رحلاتهم أناساً من أمم أخرى، وعادوا لا بحرائر فاخرة وذهب وتوابل فحسب، بل بتعبيرات جديدة طعمت لغتنا بها، وببذور أفكار جديدة تأصلت في التربة الإنجليزية، أن نهضة البشرية، كما يصح لنا أن نقول إنما هي تحقيق للنبوءة التي تقول: "كثيرون سيسلكون فجاج الأرض ذهاباً وإياباً ويتسع نطاق المعرفة".

وقبل حلول القرن الثالث عشر كان هناك طريق مفتوح بين أوروبا وآسيا، وقد عاش في تلك الأيام سيد من البندقية يدعى ماركوبولو، كان رحالة

كبيراً وخطيباً مفوهاً، امتدت رحلاته إلى الصين، وكان طريقه الذي يسلكه يمر عبر فلسطين والصحاري الفارسية وشمال الهند والتبت، ومذكراته مملوءة بأوصاف فياضة لغابات غريبة ومدن جميلة وثروة لا حد لها، وقد تركت قصص رحلاته التي استغرقت أكثر من ثلاثة أعوام أثراً في الأدب الرومانتيكي للجيل التالي وساعدت على إثارة حب المخاطرة الكامن في النفس البشرية باستمرار، مما نتج عنه في النهاية اكتشاف العالم الجديد.

وكانت تتم الرحلات قديماً على ظهور الجياد أو الإبل عبر طرق قد يجد الإنسان فيها غريباً على علاقة ودية معه يهديه الطريق، ولكن أي دليل كان لدى الرحالة المخاطرين الذين كانوا يركبون البحار؟ كانوا أول الأمر يهتدون بالنجوم، ولكنه يبدو أن استعمال أحجار المغناطيس لإظهار الاتجاه في البحر كان معروفاً من تاريخ يرجع إلى القرن الحادي عشر.

وكان الضرر البين للاعتماد على النجوم أن الأرصاد كان لا يمكن القيام بها إلا في الليالي الصافية كما كان لا يمكن القيام بها نهاراً فقط، وفي القرن الثالث عشر بين روجر بيكون أول رجل علم إنجليزي كيف أن مغناطيساً معلقاً يتخذ اتجاهاً شماليا جنوبياً تقريبا، ومن ذلك أصبح المغناطيس المعلق، أو البوصلة أداة لا يمكن الاستغناء عنها في الملاحة، ويركب هذا المغناطيس المعلق تركيباً مناسباً على بطاقة تبين الجهات المختلفة.

وحيث أن فلاسفة الإغريق كانوا قد بينوا أن الأرض مستديرة، فلما أصبحت مؤلفاتهم معروفة في القرون الأخيرة من العصور الوسطى بدأ الناس يفكرون على أساس أن الأرض كروية، ولكن لم تكن لديهم أية فكرة عن مساحة اليابس ومساحة الماء على سطح البسيطة، وأدت بهم رحلات

ماركوبولو الطويلة إلى أن يفكروا أن آسيا تشغل حيزاً من الأرض أكبر بكثير مما تشغله فعلاً، ودار بخلد بعض الناس أن سياحة بسيطة لا تستغرق إلا أياماً قليلة غرباً فيما وراء أعمدة هرقل[1] قد تؤدي بهم إلى شواطئ آسيا، ومن هناك إلى ثروة جزائر الهند.

ولكن شخصاً فكر في القيام برحلته تفكيراً جدياً قبل الإقدام عليها، لقد أعد نفسه للقيام برحلة بحرية طويلة، ثم أبحر غرباً إلى أبعد ما أمكنه دون أن يبحث عن مكان يتوقف فيه أثناء الطريق، كان هذا الشخص هو كريستوف كولومبس الذي نسب إليه مجد أول اكتشاف للدنيا الجديدة.

وفي أبريل ١٤٩٢ وقع العقد المشهور الذي أعطى كولومبس بمقتضاه حق امتلاك الأراضي باسم إسبانيا، وفي السادس من سبتمبر غادرت سفنه جزائر كناري، وفي اليوم الثاني عشر من أكتوبر رسا على شواطئ جزائر الهند الغربية رافعاً راية إسبانيا عليها، وكانت هذه أول رحلات كولومبس، وقبل عودته إلى أوروبا اكتشف جزائر أخرى من جزائر الأرخبيل، ومن إحدى هذه الجزائر أرسل إلى فيردناند وإيزابيلا مخبراً إياهما أنه علم من مؤلفات روجر بيكون بما قاله الإغريق من أن الأرض مستديرة، وعلى هذا فعلم الإغريق الذي تداوله الناس خلال القرون الوسطى هو الذي أدى إلى اكتشاف الدنيا الجديدة.

وكانت الضجة التي أثارتها أنباء اكتشاف أرض مجهولة حافزاً لأناس آخرين للبحث عن اكتشافات جديدة، فمثلاً في سنة ١٥١٩ أبحر ملاح برتغالي يدعي ماجلان من إسبانيا في اتجاه جنوبي غربي ماراً بالمضيق الخطر

[1] جبل طارق.

الذي يحمل الآن اسمه، ودلف من هناك إلى المحيط الهادي واستمر يسير غرباً لمدة تزيد على ثلاثة شهور ماخراً عباب المحيط الهادي الشاسع الخالي متحملاً هو ورجاله مصاعب لا حد لها من الجوع والمرض، وهناك قتل ماجلان بواسطة الوطنيين، وفي النهاية وبعد مضي ثلاث سنوات من بدء الرحلة وصلت إلى إسبانيا إحدى السفن الخمس التي أبحرت أصلاً من هناك، وأقل من نصف البحارة بعد أن أتموا أول رحلة بحرية كاملة حول الأرض.

٦- حركة إحياء العلوم

ما الآثار المباشرة لاكتشاف قارة جديدة شاسعة ورحلة بحرية ناجحة حول العالم؟ أدرك الناس أولاً خطأ الجغرافية التي كانوا يتعلمونها طيلة حياتهم، لقد كانوا أغراراً لدرجة بعيدة المدى جداً، وأدركوا أن الوقت قد حان للبدء في أن يفكروا بأنفسهم، كما رأوا أيضاً الفرصة مواتية أمامهم للحصول على مواد خام من وراء البحار، وعلى ذلك فقد فتحت أمامهم طرق تجارية جديدة إلى الهند عبر الأطلنطي وحول ساحل إفريقيا، وقلت أهمية الطرق البرية للشرق، أما موانئ إسبانيا وفرنسا وإنجلترا والأراضي المنخفضة فقد ازدادت أهميتها.

كما أن تكوين المستعمرات وأراضي الاستيطان في البلاد الجديدة هيأ فرصة للكثيرين للاستزادة من ثرائهم ومن معرفتهم كذلك، وحمل الملاحون معهم السكر والفواكه إلى أوطانهم، كما عاد التجار حاملين النباتات الطبية التي عثروا عليها، وبتلك الطريقة جلبوا إلى أوروبا عرق الذهب الذائع الصيت ولحاء الكينا "الذي تصنع الكينا منه"، واستعمل الطباق علاوة

على استعمال مدخني (البايب) له عقاراً مخدراً قبل أن يعرف الأثير والكلوروفورم بمدة طويلة.

ولكن لم يكن الكشف الجغرافي فقط هو الذي فتح آفاقاً جديدة للبشر، إذا كانت هناك أعمال أخرى تتسم بروح المخاطرة والجرأة تبشر بغنائم وفيرة، فقد بدأ الإنسان يرتاد بحار المعرفة التي لم ترتد بعد، لقد كانت اللاتينية هي لغة المتعلمين في أوروبا خلال العصور الوسطى بأكملها، أما الإغريقية القديمة وآدابها فكانتا غير معروفتين تقريباً في الغرب، ومع ذلك فقد أحس الناس بإحياء العلوم الإغريقية في السنين الأخيرة من القرن الرابع عشر، وأوائل القرن الخامس عشر، وهذا الإحياء هو الذي يطلق عليه: بعث العلوم القديمة أو النهضة، وقد جعل الأدب الإغريقي القديم الناس ينظرون إلى الحياة نظرة جديدة، نظرة أكثر حرية وبهجة عن ذي قبل، ولقيت حركة إحياء العلوم الإغريقية حافزاً قوياً بعد سقوط القسطنطينية في يد الأتراك عام ١٤٥٣، إذ جلب المهاجرون الذين تقاطروا زرافات كثيراً من المخطوطات الإغريقية ومن مأثورات العلم الإغريقي.

ونتج عن نشأة الأفكار الجديدة استقلال جديد في الرأي، واندلع لهيب الشكوك الكامنة التي ظلت تساور الناس أمداً طويلاً، وجاهر الناس علناً بعدم إيمانهم بها، كما أعان انتشار الكتب حرية الرأي وبدأت طباعة أعداد كبيرة من الكتاب المقدس، وحينما استطاع الناس قراءة كلمة الله بأنفسهم، اشتدت تيارات النقد الخفية للسلطة التي دامت قروناً، وأخذ الناس في جميع أنحاء أوروبا يدرسون صفحات الكتاب المقدس المطبوعة، ويكونون آراء خاصة بهم في أمور عقائدية كانوا لا يسمعون عنها حتى ذلك الوقت إلا من شفاه الوعاظ فحسب، وعلاوة على انتقال الأنباء بسرعة أكثر عن طريق

الكلمة المطبوعة، فقد خلت من التحريفات التي كانت تحدث بانتقالها عن طريق الرواية الشفوية، فمثلاً وقف أهالي ألمانيا على الجدل الذي احتدم بين البابا ومارتن لوثر بسرعة، وذلك لأن نسخاً مطبوعة من النشرات وزعت في جميع أنحاء البلاد، واستطاع الكثيرون بذلك الوقوف على مضمون النزاع.

وكان من الظاهر وقت النهضة أن الحوادث المهمة تتزاحم بعضها فوق بعض، ولم تعن إعادة دراسة اللغة الإغريقية القيام بترجمات أكثر دقة فحسب، بل أن إنشاء المطابع كان معناه إمكان نشر نسخ من تلك الترجمات الدقيقة في جميع أنحاء أوروبا، أن بذور العلم يجب أن تنشر في كل مكان لتهيأ لها الفرصة لأن تغرس في أرض طيبة، ولقد غرست هذه البذور عن طريق الكتب المطبوعة وآتت في الحقيقة محصولاً وفيراً.

الفصل الثاني

نشأة العلم الحديث

١ - ليوناردو دافنشي

إن النظرة الجديدة إلى الحياة وتقدير ميزة الجمال اللذين اتسمت بهما النهضة أحدثتا إحياء للفن، وبدأ الفنانون العظام في ذلك العصر: ديور، ومايكل أنجلو، وروفائيل يدرسون الجسم الإنساني دراسة أكثر دقة، لقد نظروا بعيون جديدة إلى قسمات وأحجام صناعة التماثيل القديمة، وبدءوا يبتدعون لأنفسهم، ولكنهم وجدوا أنهم يحتاجون لكي يصوروا الجسم البشري بكل تعقيداته إلى أن يعرفوا مواضع العضلات المعقدة وهيئة التركيب العظمي الذي تكسوه، وبمعنى آخر كانوا في حاجة إلى معرفة بعض من علم التشريح، ولذلك بدأ الفنانون يمارسون عملية التشريح، وشغف بعضهم شغفاً كبيراً بدراستهم لدرجة أن أدت بهم هذه الدراسة إلى ما وراء المستلزمات المباشرة لفنهم، وقد تزعم هؤلاء الفنانين ليوناردو دافنشي (١٤٥٢-١٥١٩) الذي تعتبر قوة ذكائه الخارقة اليوم مدعاة دهشة دائمة.

وكان ليوناردو يتمتع لدرجة غير عادية بحب استطلاع لا حد له، وهذه أول صفة ضرورية لرجل العلم، وقد أدى به هذا إلى أن يتناول أموراً مختلفة المدى من مسائل تتعلق بتشريح الإنسان وعلم وظائف الأعضاء إلى مسائل تتعلق بالهندسة العملية، وكان يتسم في هذه الدراسات كلها بجرأة تؤدي به إلى القيام بتجارب خاصة به، وحينما كانت نتائجه لا تتفق مع بيانات

الكتاب القدامى كان يعيد التجارب ويتحقق من نتائجه، وبعد ذلك يلتزم بالإجابة التي أعطتها له الطبيعة، ولم يحاول ليوناردو القيام بتفسيرات تامة للعالم كما فعل كتاب القرون الوسطى، إن اتجاهه كان اتجاهاً علمياً، إذ أنه اعتمد على الملاحظة، وعلى إدراكه أن المعرفة إنما تمتد فحسب إلى الآماد التي تؤدي بنا إليها الملاحظة.

وكان نشاط ليوناردو المتعدد النواحي مثار دهشة، وأدى به شغفه بتحركات الناس والحيوانات إلى القيام بدراسة للعضلات والعظام، وتسجيل ملاحظاته بواسطة رسوم دقيقة كما أدى به شغفه بمشكلة الطيران إلى شراء طيور محفوفة في أقفاص ثم إطلاق سراحها لمشاهدة الحركات الأولى لأجنحتها، وأخذ يفكر في إمكان صناعة أجنحة صناعية للإنسان، ولقد بلغ في الحقيقة تمكنه من المبادئ الميكانيكية مبلغاً جعله يحاول اختراع طائرة، وأدت به أوجه نشاطه كرسام إلى دراسة خواص الأصباغ واستقصاء قواعد المنظور، وأدرك أن المناظر المألوفة للمنظور إنما ترجع إلى الصورة التي تتلقاها العين، وكان هذا حافزاً له على دراسة مسار الضوء الداخل للعين وتركيب العين ذاتها.

واستعمل ليوناردو أيضاً مواهبه العظيمة في ميدان المسائل العملية، إذ شغل منصب مهندس حربي في حكومة ميلان، وكان يستشار في مسائل كتوفير الماء للزراعة، والطرق المثلى للاستيلاء على مدينة محصنة، كما كان يصمم المباني ويكتب قصصاً مسلية قصيرة للمسرح، وله تحف رائعة في النقش والتصوير، ومع ذلك استطاع أن يعزل نفسه عن العالم مستغرقاً استغراقاً تاماً في المسائل العلمية التي كان فيها رائداً لا منازع له، إن نتائج

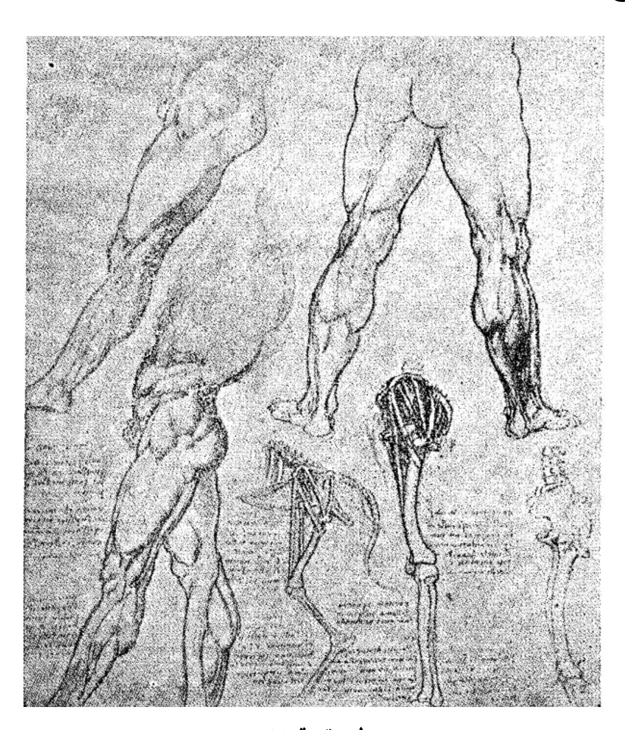
تجارب ليوناردو العلمية لم تنشر في كتب، ولكنه أودعها مذكراته، وأوضحها برسوم توضيحية بريشته المبدعة (لوحة رقم٢).

وعلى الرغم من أن مؤلفاته ظلت كتباً مخطوطة، فإن ذلك لم يقف حائلاً دون أن يكون له أثر على معاصريه، وكانت الثقافة الإيطالية أثناء حياته على درجة كبيرة من السمو، كان الأمراء هم حماة الفنون والعلوم، وكانت الحياة في المدن الإيطالية تساعد على انتشار الآراء الجديدة وشغلت أفكار هذا الرجل الغريب ليوناردو التي كانت تختلف اختلافاً بيناً عن أفكار زملائه بدرجة كبيرة، وتعتبر أعمال ليوناردو في الحقيقة المثل الأعلى لأبحاث الروح البشرية التي تتسم بالجرأة والمخاطرة التي تميز بها هذا العصر، والتي كانت بشيراً بنهضة العلم الكبرى المثالية، ولكنها لم تكن هي المثل الوحيد.

٢- نشأة علم التشريح الحديث

ظل الناس لمئات عديدة من السنين يتساءلون عما كتبه المؤلفون القدامى حينما كانوا يرغبون في معرفة وظائف أعضاء الجسم، وبدلاً من تشريح حيوان للوقوف على كيفية تنظيم أعضائه كانوا يفضلون أن يتقبلوا معلومات طبيب من الإمبراطورية الرومانية لمع اسمه في القرن الثاني يدعى جالين، وقد ظلت مؤلفات جالين المرجع المعتمد في الطب والتشريح أكثر من ألف سنة، وهي تحتوي على تسجيلات معينة لبعض ملاحظات مهمة، ولكنها تحوي أيضاً كثيراً من الأفكار الخيالية بدرجة كبيرة والتي تنبو عن أسماعنا اليوم، لقد ذكر مثلاً أن وظيفة الكبد هي تحويل المادة الغذائية في الأمعاء إلى دم وتحويل هذا الدم طبقاً لمبدأ غامض سماه الروح الطبيعية، لقد افترض أن الدم ينتقل بعد ذلك إلى القلب حيث يستقبل الهواء القادم من

الرئتين ويتشبع بروح ثانية، الروح الحيوية، وكان يعتقد أيضاً أن الدم ينتقل إلى المخ لكي يتلقى هناك أعلى الأرواح جميعاً، ألا وهي الروح الحيوانية، أو نسمة الروح.



لوحة رقم٧

رسم الأطراف من مذكرات ليوناردو

يوضح شكلان من الشكل السفلى مقارنته بين عظام رجل إنسانية وعظام رجل جواد

وافترض جالين وجود انحسار وانسياب للدم، ولكن لم تكن لديه فكرة عما نعرفه اليوم بالدورة الدموية، وكان من رأيه أن الدم ينتقل من الجانب الأيمن للقلب إلى الجانب الأيسر له خلال مسام الحاجز الفاصل بينهما، ولم ير إنسان قط هذه المسام في الحاجز القائم في قلب أي حيوان، ونتيجة

لذلك كان من رأي جالين وأتباعه أن تلك المسام صغيرة جداً بدرجة لا تسمح برؤيتها، وهو قول لم ينقض حتى اخترع المجهر.

وقد لقيت تعاليم جالين تبجيلاً كبيراً بدرجة أنه حينما بدأت الجامعات في تدريس بعض المعلومات الطبية للطلبة، كان أساتذة التشريح يجلسون في مقاعد تشبه المنابر ويقرءون للطلبة من مؤلفات جالين بصوت عال، وكان الخدم أثناء ذلك يقومون بالتشريحات، ولم يكن هذا تعليماً تجريبياً بأي معنى من المعاني، وذلك لأن التشريحات كانت تمارس لا بفكرة اكتشاف أي شيء، ولكن لمساعدة التلاميذ فقط على تذكر ما قاله جالين، وكان ليوناردو هو أول من ناقش تعاليم جالين، إذ بين أن الهواء لا ينتقل من الرئتين مباشرة إلى القلب، وذلك على نقيض ما ذكره جالين، وفحص ليوناردو القلب ذاته، وقام بعدة تشريحات واكتشف عمل الصمامات التي تقع عند جذور الشرايين الكبيرة تسمح للدم بأن يمر في اتجاه واحد فقط، ولذلك فقد اقترب جداً من إدراك الدورة الدموية على الرغم من أن ذلك لم يوضح تمام التوضيح إلا بعد ذلك بأكثر من مائة عام.

وأراد ليوناردو أن يؤلف كتاباً دراسياً عن التشريح، ولكن هذه المهمة كانت من نصيب باحث آخر أندرياس فيساليس من بروكسل (١٥١٤-١٥٦٤)، تعلم فيساليس أولاً في جامعة لوفين، وبعد ذلك في باريس ولم يكن طالباً مكباً على دروسه، وقد أظهر تبرمه صراحة من التعليم الذي كان يلقنه، ورغب في أن يقوم بتجارب بنفسه بدلاً من أن يصغي إلى الكلمات المقتبسة من جالين، ووصل إلى علمه أن مثل هذه الفرص مهيأة في بادوا، ولذلك عزم على أن يدرس هناك.

وجد فيساليس ميداناً واسعاً للعمل التجريبي في بادوا التي كانت وقتئذ مركزاً عالمياً كبيراً للعلم، وفي أثناء دراسته وجد خطأ كثيرا من نظريات كل من أرسطو، وجالين، فبدأ يرتاب في كل شيء ذكراه، ولذلك وضع كل أقوالهما موضع الاختبار من جديد بواسطة تجارب دقيقة، واكتشف في نفس الوقت حقائق جديدة لنفسه.

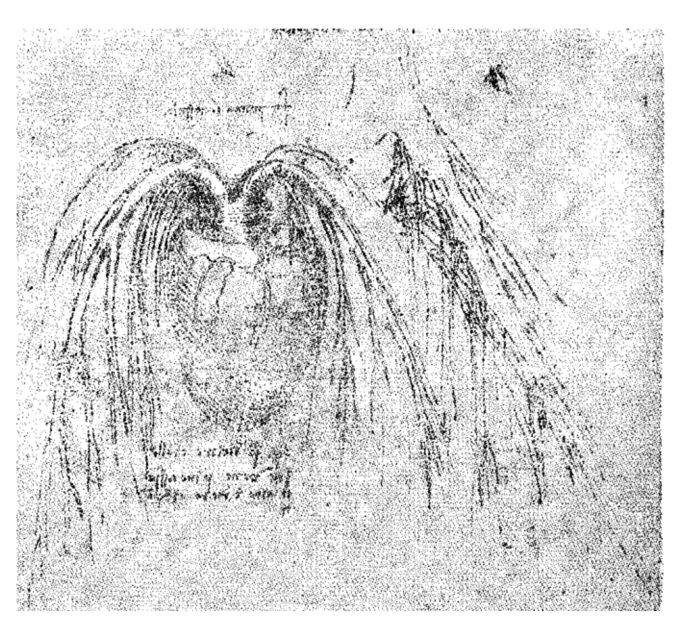
وبعد عمل استمر أربعة أعوام أكمل فيساليس كتابه العظيم المسمى "تركيب الجسم البشري" الذي نشر في بازل عام ١٥٤٣، وقد احتوى هذا السفر على اكتشافات مسجلة بدقة عن تركيب الجسم وكيفية قيامه بعمله، واشتمل على وسائل إيضاحية بديعة، كما بذلت عناية كبيرة في إعداده (لوحة رقم٤) ولاقى الكتاب نجاحاً كبيراً، وبعد ذلك باثنتي عشر سنة اقتضى الأمر طبعة ثانية، وفي هذه الطبعة كان فيساليس أكثر جرأة مما كان في الطبعة الأولى، إذ أعلن بصراحة عدم موافقته على كثير من آراء جالين، على الأخص ذلك الرأي القائل بأن هناك مساماً في الحاجز الفاصل في القلب، وقد بينت تعاليم فيساليس أن الآراء يجب أن تكون مؤسسة على أدلة أصيلة لا على مراجع من مراجع الماضي، وقد جعل عمله الناس ينظرون إلى دراسة الجسم البشري نظرة جديدة كل الجدة، تعد في الحقيقة بدء نشأة علم التشريح الحديث.

وكان عمر فيساليس وقت نشر كتابه العظيم تسعة وعشرين سنة فقط، ولكنه أغري لترك عمله في بادوا ليصير طبيب قصر الملك شارل الخامس، وبعد ذلك انتهى عمله كرجل علم، ولكن عمله سرعان ما آتى ثماره، وحينما وقف أطباء وجراحو أوروبا على نتائج أعماله أدخلوا تحسينات في طرق علاجهم، ومن سوء الحظ أن الحاجة كانت ملحة فقط لعمل الجراح

أثناء حروب القرنين السادس عشر والسابع عشر تلك الحروب التي استغرقت أمداً طويلاً، ولكن المعلومات الجديدة خففت على الأقل من آلام الجرحى نوعاً ما.

٣- بوادر علم فلك جديد

ونشر كذلك في السنة التي ظهر فيها كتاب فيساليس عن الجسم البشري كتاب عن بناء الكون بواسطة موظف بولندي يدعى كوبرنيكس (١٤٧٣–١٤٥٣) عنوانه: "دورات الأجرام السماوية"، طبع في نورنبيرج عام ١٥٤٣، وقد قطع هذا الكتاب وكتاب فيساليس كل صلة بالماضي وفتحا آفاقاً جديدة من آفاق البحث والاستقصاء، ويمكن أن يقال أن عام نشرهما يعد بدأ لنشأة العلم الحديث.



لوحة رقم ٣

رسم قلب مشرح لليوناردو



لوحة رقم ٤

فيساليس العظيم الذي نشر عام ١٥٤٣

وكانت غالبية العلماء الذين كانوا يعيشون في عام ١٥٤٣ بالفعل ضد كل من هذين الكتابين حتى قبل الاطلاع عليهما، وسرعان ما سرت إشاعات أن كتاب فيساليس يلقي شكوكاً على تعاليم جالين، أما فيما يختص بمؤلف كوبرنيكس فإنه اشتمل على الفكرة المنافية للعقل، وهي أن الأرض تدور حول الشمس، وقد بلغ من تعصب علماء ذلك العصر ومحافظتهم أن كوبرنيكس الذي كان يتولى مركزاً مسئولاً بصفته راعياً على جماعة من الأساقفة في كاتدرائيته خشي من نشر كتابه كاملاً، أنه لم يتلق نسخة كاملة منه إلا في فراش موته وقد بلغ من الكبر عتياً.

ومع ذلك فيمكننا أن ندرك اتجاه العلماء في تلك الأيام، وذلك لأنه حينما بدأ الناس يقرءون هذين السفرين ويناقشونهما شعروا بأن معتقداتهم قد

قوضت من أسسها، وأنه كان هناك خطر من تداعي البناء كله، ونتيجة لذلك هب الناس ثائرين وتحدثوا عن فيساليس كمدع مغرور سمم جو أوروبا، أما فيما يختص بكوبرنيكس فقد ضمه القبر من قبل، وكلما قل الحديث عنه كلما كان ذلك من الأفضل، ولذلك تم تجاهل نظريات كوبرنيكس أول الأمر، ولم تذع بين الطبقات المتعلمة في العالم إلا بعد مضي سنين، ولكن المتاعب بدأت حينئذ، ولكي ندرك هذا يجب علينا أولاً أن ننظر إلى الوراء عبر القرون الماضية.

فكر لحظة في أرضنا هذه، إنها كانت تبدو لأولئك الذين كانوا يفلحون الحقول من شروق الشمس إلى مغربها أنها مسطحة وأن الشمس تجري فوق رؤوسنا يومياً من الشرق إلى الغرب، وكذلك قبة السماء المرصعة بالنجوم كانت تبدو لمراقبي السموات أنها تدور حولهم كل ليلة، وكان العلماء يعتقدون حقاً أنها تفعل ذلك، وتخيلوا أن الأرض تقع وسط فضاء كروي هائل، وظنوا أن الكرة التي يتكون منها الحد الخارجي كانت تدور حول الأرض مرة كل أربع وعشرين ساعة، وقد ذكر أحد عظماء المفكرين القدامى فيثاغورس (الذي عاش من حوالي ٥٧٢-٤٩٧ ق.م)، الذي كان يرى أن الكرة هي أكثر الأشكال كمالاً، أن الأرض والشمس والقمر يجب أن تكون كروية الشكل، وهذه الفكرة، فكرة بساطة تركيب السموات ووصولها إلى درجة الكمال، لقيت أيضاً تعضيداً أكبر من أرسطو (٣٨٤-٣٢٢ ق.م)، إذ كان يرى أن القوس التام إنما هو دائرة، ومن ثم فإن الكواكب تتحرك في دوائر، وكان من رأيه أن الشمس والنجوم والكواكب بلغت درجة الكمال وأنها لا تتغير وأنها تدور بانتظام دائماً حول الأرض الثابتة.

وفي القرن الثاني من العصر المسيحي، رتبت المعلومات والنظريات الموجودة عن الكون بواسطة بطليموس أحد أهالي الإسكندرية الذي ذاع صيته بين عام ١٢٦ وعام ١٦١م[1]، لقد كان من رأيه أن الأرض ثابتة كروية الشكل تقف معلقة في الفضاء وسط الكون، وتتحرك الشمس والقمر والنجوم حولها في أفلاك دائرية، وكان اعتبار أرضنا مركزاً للأشياء جميعها مما يرضي الغرور البشري، وزيادة على ذلك فإن فكرة أرض ثابتة تتلاءم مع إدراك غير ناضج، وكان في طوق العلماء دائماً أن يلتجئوا إلى مرجعهم أرسطو، ونتيجة لذلك فقد حدث أن جميع من أعطى الموضوع بعضاً من التفكير كانوا على استعداد أن يقسموا بشرفهم مجازفين أن الشمس والقمر والنجوم تدور حول الأرض.

وقد اعتمدت الكنيسة في القرون الأخيرة من العصور الوسطى النظام البطليموسي، وعلى ذلك أصبح جزءًا من العقيدة الدينية، واعتبر كل مرتاب في هذه النظرية زنديقًا، وزيادة على ذلك فإن فكرة دوران الأرض حول الشمس واتخاذها مركزاً لدورانها كانت فكرة تثير بلبلة كبيرة، ذلك لأنها لم تعد تجعل الجنس البشري يحتل مركز وسط الخليقة، بل مجرد سكان لأحد الكواكب الصغيرة، ونتيجة لذلك فحينما بدأ الناس يسمعون عن نظرية كوبرنيكس الجديدة لم يشعروا بأن ديانتهم قد هوجمت فحسب، بل أحسوا

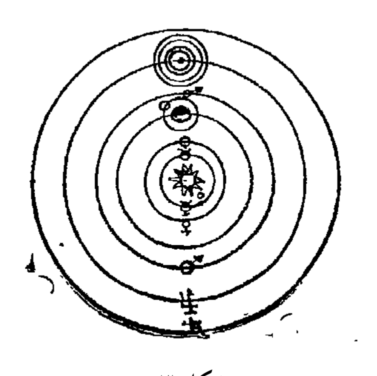
---

[1] لاحظ رجال الأرصاد ومنهم بطليموس نفسه قبل هذا أن الكواكب لا تتحرك بانتظام عبر السماء، ولكنها تبدو أحياناً أنها تعاود السير في مداراتها، وقد نجح بطليموس في تعليل هذه التحركات بافتراضه أن الكواكب تتحرك في دوائر لا حول مركز ثابت، ولكن حول مركز يتحرك هو نفسه في دائرة، وقد أبقى بطليموس الحركات الدائرة جزءًا جوهريًا من خطته، وبواسطة طريقته التي تدل على الذكاء علل تحركات الكواكب تعليلًا مرضيًا.

أيضاً بصدمة عنيفة في تقديرهم لذاتهم، ولذلك بذلك السلطات أقصى ما لديها لإخماد الأفكار الجديدة.

كيف عنَّ لكوبرنيكس أن يجد نظرية أقلقت بال الجنس البشري؟ إنه أدرك أولاً أن تغير الليل والنهار من المستطاع تفسيره تفسيراً مستساغاً بافتراض أن الأرض تدور حول محورها، وكان من رأيه ثانياً: أن معنى نظرية الأرض الثابتة والسماء العظيمة الدائرة، طبقاً للنظرية القديمة أن المحيط الهائل للسماء يجب أن يدور بسرعة لا يمكن أن يصدقها العقل لكي تدور السماء مرة حول الأرض كل أربع وعشرين ساعة، ورأى أن معنى هذه السرعة الهائلة أن الدائرة القصوى للكون تكون عرضة لخطر التمزق.

ولم يكن كوبرنيكس ممن يجرون التجارب، ولم يتيسر الدليل العملي لتعضيد نظريته في عصره، ومع ذلك فقد استعاض عما كان ينقصه من التجربة بقوة استدلال خارقة، وكان يجب عليه مثله مثل أي عالم رياضيات آخر أن تكون لديه طريقة دقيقة لعرض الحقائق، وكان يرى أن نظريته وجدت طريقة بسيطة خالية من التعقيدات الهندسية للنظرية القديمة (شكل ٣).



(شكل ٣)
نظام الكون طبقاً لكوبرنيكس من كتاب نظام الكون لجاليليو

وعلى الرغم من أن النظرية الجديدة كانت متباينة تماماً عن النظرية القديمة إلا أن كوبرنيكس لم يتحرر تماماً من المعتقدات السائدة، إذ لا يفعل ذلك إلا العدد القليل من الناس، فمثلاً كان مازال متمسكاً بفكرة أن الحركة لا بد لها أن تتم في دائرة، وكان مازال يعتقد أن النجوم مثبتة في كرة عظيمة، وعلى ذلك كان مازال يعتنق نظرية القرون الوسطى أن الكون محدود في حجمه، ولكن هذه البقايا من المعتقدات القديمة لم تكن ذات أهمية، إذ أن قيمة نظرية كوبرنيكس كانت في أنها أمدت الناس بوجهة نظر جديدة، وهيأت للناس أساساً للبحث مثلها في ذلك مثل أية نظرية أخرى جديدة، وقد بدأ الناس من ذلك الوقت فصاعداً يرصدون السموات بحماس متجدد، واندفع الفلك الحديث سائراً قدماً في طريقه.

٤- أفكار جديدة عن الكون

على الرغم من أن تغير الأفكار الذي أوجد الدافع صوب فلك جديد كان راجعاً في غالبيته إلى كوبرنيكس، إلا أنه من الممكن اقتفاء أثره إلى أبعد من ذلك بكثير، فقد ذكر فيثاغورس أن الأرض ليست ثابتة، ولكنها تدور حول محورها كالخذروف[١] الدائر، وذكر أرستارخوس من أهالي ساموس الذي ذاع صيته حوالي ٢٨٠ ق.م، والذي ربما كان أعظم علماء الرياضيات الإغريق أن الأرض لا تدور حول محورها فحسب مسببة بذلك تتابع الليل والنهار، بل تدور أيضاً دورة سنوية حول الشمس.

ومع ذلك فقد طمست هذه النظريات بسبب تعاليم أرسطو، غمرها النسيان خلال تلك القرون الطويلة التي اتخذه الناس فيها إمامهم الوحيد

[١] الخذروف: هو ما يسمى بالنحلة التي يلعب بها الأطفال.

الذي يهتدون به، ومع ذلك فقد أوجدت حركة إحياء العلوم الإغريقية في القرنين الخامس عشر والسادس عشر سيلاً من الأفكار الجديدة.

ووضع كوبرنيكس الخطوط الرئيسية لنظريته أثناء إقامة قصيرة في إيطاليا درس خلالها كثيراً من المؤلفات الرياضية الإغريقية، ولكنه من المهم أن نلاحظ أنه قبل نشر مؤلف كوبرنيكس بقرن وجد أحد الكرادلة العلماء من أهالي كوزا (١٤٠١-١٠٦٤) يدعى نيقولاس نظريات تخالف بدرجة غريبة العقائد المسلم بها عن الكون، ولم ينزل نيقولاس أرضنا فقط عن عرشها كمركز متوسط للكون، ولكنه رأى أيضاً أن الكون يمتد إلى ما لا نهاية ويحتوي على ألوف مؤلفة من النجوم بعضها ذات أحجام هائلة وكان يعتقد أن كثيراً من هذه النجوم شموس تحوطها كواكب، وكان من رأيه أنه ربما كانت هناك عوالم أخرى بسكنها أناس أحياء، ولذلك كان تصوره يختلف اختلافاً شاسعاً عن تصور فلاسفة القرون الوسطى.

ويبدو أن نيقولاس الكوزوي كان أول رجل منذ العصور القديمة استخدم الوزن كوسيلة لاكتشاف حقائق عن الأشياء التي تكتنفه، وترينا سجلات تجارية أنه أدرك فكرة القياس، ولم يقنع بمجرد التأمل في النتائج التي حاكتها تخيلاته.

ولذلك لم تكن نظرياته عن الكون تخيلات فارغة، على الرغم من أنه لم تكن لديه وسائل لاختبار نتائجه، وكان موقناً أن الأرض تتحرك، إذ قال: لقد فكرت طويلاً في أن الأرض ليست ثابتة ولكنها تتحرك كما تتحرك النجوم الأخرى، ورأى أن الأرض تدور حول محورها كل يوم وليلة، وعلاوة على ذلك فحيث أنه تصور العالم عالماً لا حدود له، فلم يفكر في مركز له، إذ قال: لا

يمكن أن يكون هناك مركز أو محيط، وذلك لأن المشاهد حيثما وجد في الكون يبدو له كأنه في مركزه.

ومن العجيب أن وجهات النظر هذه لم تؤد به إلى الاضطهاد بتهمة الزندقة، أن صفته الكهنوتية ونفوذه القوي لم يكونا لينقذاه من قبضة محاكم التفتيش، إذ ربما لم يقرأ كتبه أولئك الذين كانت السلطة بيدهم، والأكيد أن نيقولاس الذي كان نصيراً سياسياً قوياً للباباوية لم تصادفه معارضة ما، بينما كان على تلميذه جيورد أنو بورونو (١٥٤٨-١٦٠٠) أن يواجه الموت بعد ذلك بمائة عام من أجل آرائه.

وقد ردد بورونو السيئ الطباع آراء نيقولاس الكوزي عن الكون اللا نهائي معتقداً كذلك أنه كان لا نهائياً في الزمن وأنه وجد منذ أبدية مطلقة، وكان يفكر في الله على أنه الحقيقة الجامعة التي تسيطر على الكون كله بما فيه دنيانا، أما بخصوص ذلك الجزء من الكون الذي يتكون من الأرض والكواكب والشمس فإن بورونو كان من أنصار تعاليم كوبرنيكس، متحدياً بذلك عقائد الكنيسة الرسمية، وكان برونو غير لبق في التعبير عن آرائه، ومن المحتمل أن عنجهيته هي التي أودت به، وبعد أن تجول كثيراً في أوروبا قبض عليه وقدم للمحاكمة، وحرق فوق سارية في روما، وقد احتفظ التاريخ بتلك الكلمات التي تفوه بها أمام تلك المحكمة القاسية: "ربما تكونون أنتم الذين تحاكمونني في وجل أشد مني أنا الذي تدينونه".

وقضى برونو أثناء أسفاره بضع سنوات في إنجلترا، وأخرج مؤلفاته الرئيسية في لندن باللغة الإيطالية، وكانت لندن إحدى المدن القلائل في ذلك العصر التي كان من الممكن إجراء المناقشة فيها في جو حر نوعاً ما، وكانت

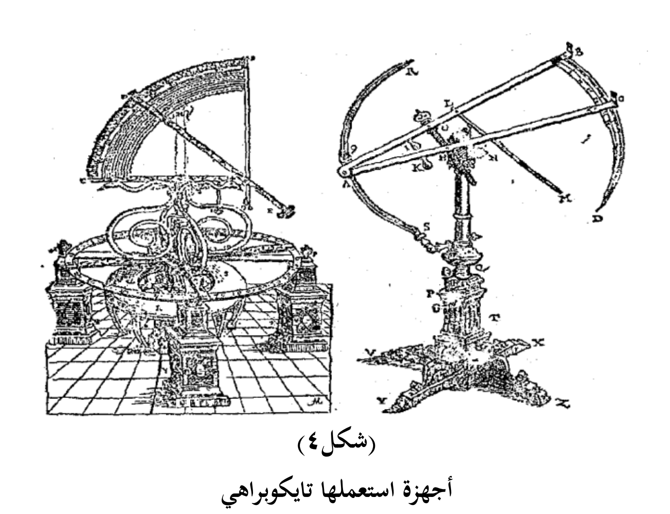
جماعة العلماء الذين استقبلوا بورونو ملمين إماماً تاماً بالإيطالية، كما كان كثير من مواطنيه يعيشون في لندن في ذلك الوقت، وطبعت كتبه ونشرت سراً خوفاً من محاكم التفتيش، ومع ذلك فقد كانت ذات أثر عظيم في نشر الأفكار الجديدة في إنجلترا.

٥- أساس الفلك القائم على أعمال الرصد

وضعت أسس علم الفلك الحديث من ناحية اعتمادها على الأرصاد بواسطة رجلين متباينين في أخلاقهما ومواهبهما: أحدهما تيكوبراهي (١٥٤٦-١٦٠١) رجل أرصاد مدقق ولكنه لم يكن عالماً من علماء الرياضيات، والآخر جوهانز كيبلر (١٥٧١-١٦٣٠) الذي لم يكن رجل أرصاد، ولكنه كان عالم رياضيات واسع الخيال، وقد عهد إليه تيكو بسجلات أعماله التي أتمها في حياته، إن كلاً منهما كان يكمل الآخر.

وتتلخص الخدمة الكبرى التي أسداها تيكو في بناء الفلك الحديث في مثابرته على رصد السماء بصبر وجلد ليلة بعد ليلة مدى عشرين عاماً، إنه عاش كأمير ناسك على إحدى الجزر التي تبعد عن ساحل الدنمرك، ولم يحتج عمله إلى سبحات بل إلى مثابرة ودقة فحسب، وكانت آلاته من أبسط الأنواع، ولم تكن التلسكوبات قد اخترعت بعد، لم يكن لديه إلا عيونه ليراقب بها السماء، واستعمل لقياس الارتفاعات الزاوية للكواكب ربعاً معدنياً مرقماً بدرجات مثل المنقلة مجهزاً بذراع متحركة وضوابط مشاهدة (شكل٤)، وكان بجدران وسقف مرصده ثقوب يستطيع من خلالها مشاهدة جزء من السماء، وزودتنا أرصاده التي كانت أدق وأكمل أرصاد بوشرت حتى عصره بسجلات عن مواقع الكواكب في فترة استغرقت عشرين سنة.

وعلى الرغم من ذلك فإن هذه النتائج كانت تبدو له كمجموعة لا معنى لها من الأرقام، ولم تكن لديه فكرة ما على أنها حينما توضح توضيحاً صحيحاً سيتكشف عنها الكثير. ومن حسن الطالع أن المفسر الصحيح كان قريب المنال، لقد كان له افتنان بالأعداد، ومع أنه كان عالم رياضيات مدرباً إلا أنه كان صوفياً في قلبه، وكان يحاول باستمرار أن يجد معاني خفية في الأعداد، وقد كان يقضي أياماً محاولاً أن يجد بعض الاتساق في مجموعة أعداد يبدو أنها وجدت اعتباطاً، ولذلك كان خير من يعهد إليه بالصفحات المحكمة التي دبجها تيكو والتي كانت تحتوي ما توصل إليه من نتائج.



(شكل٤)

أجهزة استعملها تايكوبراهي

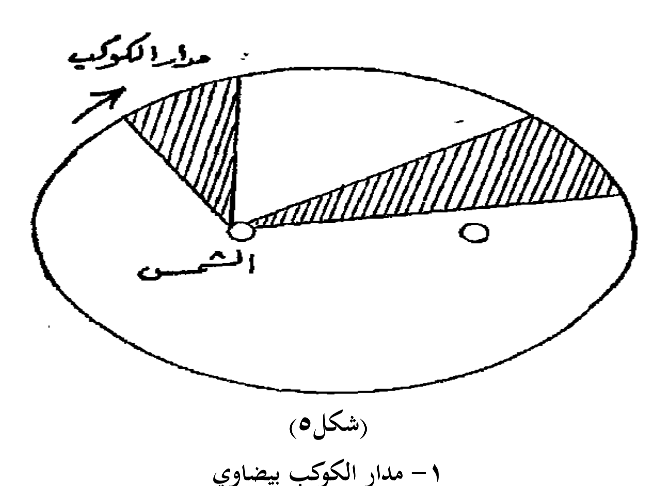
وشغل كيبلر منصب عالم رياضيات في بلاط الإمبراطور رودلف الثاني في براغ عدة سنين، وكان الإمبراطور ككثير من الناس في عصره يؤمن بالتنجيم، ولذلك استخدم كيبلر في مراقبة السماء وإخباره بالمستقبل، وكان كيبلر نفسه يظن أن هناك شيئاً من الحقيقة في علم التنجيم، وكان التنجيم في نظره يعتبر على الأقل حليفاً لعلم الفلك، وهذه الخاصية في خلال كيبلر هي التي أدت إلى ما قام به من عمل جليل، إذ من المؤكد أن الطريق إلى الحقيقة

أحياناً ما يقع وسط الخطأ. وكان كيبلر على يقين أن الله خلق الكون طبقاً لخطة هندسية محكمة، ولذلك فإن بساطة نظرية كوبرنيكس اعتبرت أن هناك ست كواكب: المشترى، والمريخ، والأرض، وزحل، والزهراء، عطارد، فقد سأل كيبلر نفسه: لماذا كانت الكواكب ستاً؟ وبعد عمليات رياضية كثيرة وصل حسبما ظن إلى دليل هندسي على أن الموجود من الكواكب إنما هو ست فقط، ولم يكن هذا التطابق دقيقاً على الإطلاق، وكان لا بد من نسخ هذه الفكرة عندما اكتشفت كواكب جديدة فيما بعد، ولكن بالنسبة لكيبلر نفسه فإن هذا الكشف المزعوم سبب له من الفرح أكثر مما سببه له كل ما قام به من عمل قيم فيما بعد، لقد ظن أنه وجد نظاماً واتساقاً في هذا الكون العجيب ظل مجهولاً حتى ذلك الحين. وكانت هذه البهجة حافزاً له على مواصلة العمل بعزم لا يلين، وها هو ذا يقول: إن السرور البالغ الذي تلقيته من هذا الكشف لا يمكن التعبير عنه إطلاقاً بكلمات تقال، إنني لم آسف على وقت ضاع أبداً، ولم أمل عملاً، ولم أتهرب من مشقة تكبدتها في القيام بالأعمال الحسابية، لقد قضيت أياماً وليالي أعد وأحسب حتى استطيع أن أرى هل تتفق فرحتي مع نظرية كوبرنيكس أم هل يتلاشى طربي في الهواء الأجوف.

٦- قوانين كيبلر

شعر كيبلر أنه لا بد أن يكون هناك بعض الاتساق البسيط في البيانات التي تلقاها عن تيكو براهي ولذلك فإنه اتبع طريقة أخرى وضعها في محك الاختبار ليرى هل صحيحة أم لا، لقد حاول أن يجد هل النسبة بين الوقت الذي يأخذه الكوكب ليدور حول الشمس وبين بعده عن الشمس هي نفس النسبة فيما يختص بجميع الكواكب، ولكنه وجد أن الأمر ليس كذلك، حينئذ

حاول أن يعرف هل نسبة مربع الوقت والمسافة واحدة بالنسبة للجميع، وهكذا، وفي النهاية بعد أن ظل يعمل طويلاً فيما يختص بما وصل إليه من نتائج عن مواقع كوكب المريخ في أوقات السنة المختلفة، وجد أنه لو مد خط وهمي من الشمس إلى المريخ، فإن هذا الخط يمر فوق مساحات متساوية في الأوقات المتساوية (شكل رقم٥)، وكانت هذه في الحقيقة علاقة صحيحة بسيطة أدخلت السرور على قلبه.



(شكل٥)

١- مدار الكوكب بيضاوي

٢- الخط الواصل من الكواكب إلى الشمس يغشى في مستوى المدار مساحات متساوية في أزمنة متساوية.

وبعد ذلك أخذ يفكر في المسارات التي تتخذها الكواكب في رحلتها حول الشمس، أن الأرقام التي أعطاها براهي كانت تدل بوضوح تام على أن المريخ لم يكن باستمرار على نفس المسافة من الشمس، وعلى ذلك فإذا كان الفلك الذي تدور فيه دائرياً، فإن الشمس لا يمكن أن يكون مركزها هذه الدائرة، وقد أقلقت هذه الحقيقة باله لدرجة كبيرة، إذ أنها توحي بوجود كون غير متناسق، أهناك مخرج من هذا المأزق؟ لقد قام بمحاولات كثيرة، وفي النهاية طرأت له فكرة أن المدار لا بد أن يكون بيضاوياً تقع الشمس في

بؤرته (شكل٥)، وكانت هذه النتيجة تتفق مع الوقائع، على الرغم من أن كيبلر نفسه شعر أن هذه النتيجة التي وصل إليها لم تكن تقريباً في عظمة تلك النتيجة الجليلة وهي مرور الخط الوهمي الممتد من المريخ للشمس فوق مساحات متساوية في الأوقات المتساوية، ومع ذلك فإن ما وصل إليه من نتائج أجبره على أن يعتبر أفلاك الكواكب بيضاوية لا دائرية، كما ظل الناس يعتقدون قروناً عديدة. ومع ذلك فإن عمله لم يكن قد انتهى بعد، فقد حاول أن يجد العلاقة بين بعد الكواكب عن الشمس وبين زمن دورته حولها، أو بمعنى آخر بين الكوكب وسنته، وأخيراً وبعد أن صادف فشلاً كثيراً، وجد فيما يختص بالكواكب جميعاً أن مربع الوقت يتناسب تناسباً طردياً مع مكعب متوسط المسافة من الشمس، وفي استطاعتنا الآن تلخيص نتائجه فيما يلي:

١- تدور الكواكب جميعها حول الشمس في أفلاك بيضاوية تقع الشمس في بؤرتها.

٢- الخط الذي يربط الكواكب بالشمس يمر فوق مساحات متساوية في الأوقات المتساوية.

٣- بالنسبة لجميع الكواكب يتناسب مربع الوقت تناسباً طردياً مع مكعب متوسط المسافة من الشمس.

وتعرف هذه النتائج الثلاث بقوانين كيبلر، أنها تلخص النتائج التي وصل إليها بعد مئات من الملاحظات وتصوغها في تعبيرات عامة موجزة ويسمى مثل هذا التلخيص بالقانون العلمي. وقد استعمل نيوتن قوانين كيبلر القائمة على مشاهدات براهي في نظرية الجاذبية، ويعطي هذا لنا مثلاً عن ترابط عمل عديد من العقول التي تميزت بها العصور الحديثة، ويعد دليلاً

على انتهاء النظرة التي سادت القرون الوسطى، وكان كيبلر نفسه يقف في مفترق الطريق[1] وقام بأبحاثه خلال السنين الأولى للقرن السابع عشر في وقت كان مازال الناس يضطهدون مواطنيهم باسم الدين، واضطر أن يدافع عن والدته حينما وجهت إليها الشعوذة، ولم يتحرر هو نفسه من أغلال الروح التي سادت القرون الوسطى، ومع ذلك كانت نتائجه مقدمة لعصر جديد من التفكير، ووضع ازدهار العلم بعد ذلك في القرن السابع عشر أقدامنا في الاتجاه الذي نرتاده الآن.

(١) إنه من الممتع لنا أن نذكر أن القانون الثالث لكيبلر قد أعلن في مؤلف عنوانه: التجانس العالمي "الذي صدر في أوجسبيرج عام ١٦١٩"، وأهدى للملك جيمس الأول، وقد قرأ الملك المؤلف بشغف عظيم، ودعي كيبلر للحضور إلى إنجلترا، ولكنه لم يقبل الدعوة على الرغم من الحياة المملوءة بالمتاعب التي كان يحياها في وطنه.

الفصل الثالث

عمل جاليليو

١- باكورة أعماله

بينما كانت مسألة تحركات الكواكب تشغل بال كيبلر، كان جاليليو (١٥٦٤–١٦٤٢) مؤسس الفيزياء الحديثة مشغولاً ببحث مسألة تحركات الأجسام على الأرض، وكان نبوغه العظيم واضحاً وهو شاب، وذات يوم وهو في الكاتدرائية في بيزا لاحظ التأرجحات البسيطة لأحد مصابيح المعبد الكبير، فما كان منه إلا أن وقت[1] التأرجحات مستعيناً بنبضه، إذ لم يكن هناك وقتئذ ساعات مناسبة، ومما أثار دهشته أنه على الرغم من أن تلك التأرجحات كانت في سبيلها إلى الزوال، إلا أنها كانت دائماً تستغرق نفس المدة، وهذه الآن حقيقة معروفة لدى الجميع وتمكننا من صناعة ساعات البندول، وصنع جاليليو الذي ابتدأ في هذا الوقت يدرس الطب آلة بندولية صغيرة مفيدة لتوقيت نبض المريض على أساس مشاهداته في كاتدرائية بيزا، ولكن جاليليو لم يتابع دراساته الطبية طويلاً، إذ استمع ذات يوم إلى محاضرة في الرياضيات شغف بها لدرجة أنه قرر أن يجعل من الرياضيات موضع دراسة له طيلة حياته، وقد بدأ بدءًا طيبًا، وبسرعة صار أستاذًا للرياضيات في بلدته بيزا مسقط رأسه.

---

(١) حسب الوقت الذي تستغرقه. (المترجم)

٢- تجاربه على الأجسام الساقطة

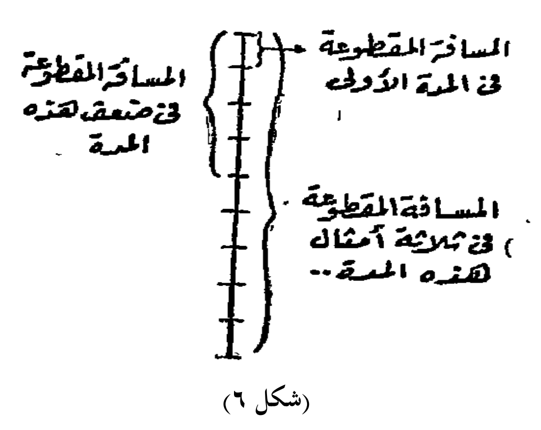
وجد جاليليو نفسه وسط مجموعة محافظة كبيرة من زملائه في بيزا، كانوا يعتبرون أرسطو حجتهم في جميع أمور الفلسفة والتاريخ الطبيعي، ولم يدر بخلدهم قط أن يقوموا بتجارب بأنفسهم، ونتيجة لذلك جللهم العار حينما بدأ جاليليو الصغير يعلن شكوكه في تعاليم أرسطو ويقوم بتجارب لحساب نفسه.

لقد ذكر أرسطو أن الأجسام تسقط على الأرض بسرعة تتناسب تناسباً طردياً مع أوزانها، فثقل يبلغ وزنه عشرة أرطال يسقط بسرعة تتعادل عشرة أمثال السرعة التي يأخذها ثقل يزن رطلًا واحدًا، وهكذا دواليك، وظل الناس يؤمنون بهذه القول الذي كتب حوالي ٣٥٠ ق.م مدة ألفي عام تقريباً، ويبدو أن الناس لم يرتابوا قط في صدق هذه الآراء؛ لأنها كانت تبدو مقنعة جداً، وكثيراً ما كانوا يلاحظون الريش وقطع الورق ترفرف وهي هابطة، بينما كانت قطع الحديد تسقط بسرعة محدثة دوياً، وعلاوة على ذلك كان الناس جميعاً يؤمنون بما قاله أرسطو. ومع ذلك ساورت جاليليو الشكوك مدة طويلة فيما يتعلق بهذا القول وقرر وضعه موضع الاختبار التجريبي البسيط، ولذلك تسلق برج لينتج وأخذ معه ثقلاً يزن عشرة أرطال، وثقلا يزن رطلاً واحداً، وأسقط الثقلين فاصطدما بالأرض سوياً، وكانت هذه التجربة التي قام بها عام ١٥٩١ في الحقيقة هي الضربة القاضية التي وجهت لعلم فيزياء أرسطو، وعلى الرغم من ذلك فإن أساتذة جامعة بيزا الذين كانوا مجتمعين لمشاهدة التجربة أبوا أن يصدقوا أعينهم، ورجعوا ليطلعوا على موضوع سقوط الأجسام في مؤلفات أرسطو.

ولكن جاليليو سار في طريقه غير آبه بعدم موافقة الآخرين، وشرع يعمل ليجد كيف تسقط الأجسام على الأرض – أي بأية نسبة رياضية تتحرك، لقد أدرك طبعاً أن الأجسام الساقطة تتحرك بسرعة متزايدة – أي أن سرعتها تتزايد باطراد، ولكن سرعة جسم ساقط سقوطاً طليقاً كانت سريعة بالنسبة له بدرجة لم يكن في استطاعته أن يقدرها، ولذلك قاس الوقت[١] الذي تأخذه كرة معدنية مستديرة ملساء لتتدحرج هابطة فوق سطح أملس مائل ميلاً بسيطاً، واقتنع بادئ الأمر أن سرعة هبوط جسم فوق سطح مائل هي نفس سرعته وهو ساقط سقوطاً طليقاً من ارتفاع مساوٍ لارتفاع هذا السطح.

وأجرى جاليليو تجارب مستخدماً زوايا انحدار مختلفة، ووجد أنه حينما كان يضاعف الوقت، لم تكن المسافة المقطوعة ضعفاً بل كانت أربعة أمثال المسافة الأولى، وأنه حينما يثلث الوقت كانت المسافة تسعة أمثال المسافة الأولى، وبمعنى آخر وجد أن المسافة المقطوعة تتناسب طردياً مع مربع الوقت، ورأى أنه بجعله المستوى أشد انحداراً يقترب من الظروف التي تكتنف الجسم الهابط هبوطاً طليقاً، وقد استنتج استنتاجاً في محله أن نفس القانون: تناسب المسافة المقطوعة تناسباً طردياً مع مربع الوقت ينطبق على مثل هذا الجسم. (شكل٦)

[١] لم يكن جاليليو ساعة يد أو ساعة حائط مناسبة أو لذلك قاس الوقت بجعل الماء ينساب من سنظل به ثقب وكان بعد ذلك يزن الماء المنساب، وكان هذا الوزن يعطيه تقديراً للوقت.



(شكل ٦)

توضيح قانون جاليليو للأجسام الساقطة

٣- أول قانون من قوانين الحركة

إن أول تجارب جاليليو على السطح المائل أرته أنه حينما ينزلق جسم منحدراً على سطح مائل، فإنه بعد ذلك يندفع صاعداً سطحاً آخر إلى ارتفاع يساوي تقريباً ارتفاع النقطة التي بدأ منها مهما كان من شأن هذين المنحدرين، وقد استغلت هذه الحقيقة في الطرق الملتوية في الجبال والمرتفعات، وفي السكك الحديدية الصغيرة في ملاعب الملاهي، وأراضي المعارض، والارتفاع النهائي الذي تستطيع العربات الجبلية أن تصل إليه لا يعادل إطلاقاً وبالضبط الارتفاع الأصلي، إذ أن هناك باستمرار بعض الاحتكاك، وقد أدرك جاليليو المقاومة الاحتكاكية، وذلك لأنه إذا ترك جسم ينزلق إلى أسفل أحد المسطحات ووصل هذا الجسم إلى قاعدة مسطح مستو، فإنه يجري إلى الأبد بسرعة ثابتة لولا وجود المقاومة الاحتكاكية، إذ بمجرد أن يبدأ الجسم المتدحرج فإنه لا يحتاج إلى قوة لتجعله يستمر في تحركه، وهذا أمر واضح للغاية، ولكن التوصل إلى معرفته كان يعد بحق نقطة تحول في تاريخ علم الميكانيكا.

وكان الناس حتى عصر جاليليو يعتقدون أنه من اللازم دفع جسم أو جذبه باستمرار لكي يستمر في حركته، ومع ذلك فقد توصل جاليليو إلى أن استعمال قوة إضافية ليس ضرورياً للحركة، ولكنه ضروري فقط لتغيير الحركة، ولذلك فإن الكواكب لا تحتاج إلى دفع مستمر، وتستمر الأشياء الطليقة في التحرك مع الأرض ولا تختلف عنها، وقد زاد نيوتن على هذا المبدأ ووضحه[1]، ولكن المؤكد أن تعاليم جاليليو تضمنت هذا المبدأ.

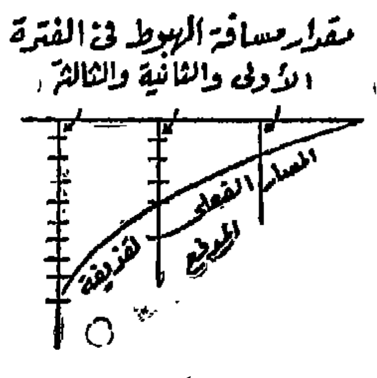
واستعمل جاليليو هذا المبدأ في معالجته مشكلة المسار الذي تتخذه قذيفة المدفع بعد أن تترك فوهته، وكان قد بدأ استعمال البارود والمدافع قبل هذا الوقت، ولذلك كانت هذه المسألة ذات علاقة بالطرق الحربية العملية، وقد عالج جاليليو المشكلة بالطريقة الآتية: لقد تصور أن قذيفة المدفع تنطلق بسرعة واتجاه معينين، ولكنها في اللحظة التي تكون فيها طليقة في الهواء تبدأ في السقوط بتعاجل[2] مثلها في ذلك مثل غيرها من الأشياء الساقطة، وتحقق من أنه بعد مرور دقيقة واحدة تتوقف حالة القذيفة على عاملين: (١) سرعتها واتجاهها الأصليين. (٢) المسافة التي قطعتها في سقوطها منذ بدء تحركها، وبما أن جاليليو كان على علم بأن المسافة المقطوعة بسرعة ثابتة تتناسب طردياً مع الوقت، وأن مسافة السقوط تتناسب طردياً مع مربع الوقت، فقد أوضح جاليليو أن قذيفة المدفع يجب أن تكون قوساً تنطبق كل هذه

---

[1] قوانين الحركة لنيوتن: (أ) كل جسم يبقى على حالته من السكون أو الحركة المنتظمة في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة تغير من حالته. (ب) معدل التغير في كمية الحركة لجسم يتناسب طردياً مع القوة المؤثرة، ويحدث ذلك في اتجاهها. (ج) لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومضاد له في الاتجاه.
(المترجم)

[2] سرعة مطردة الزيادة. (المترجم)

النسب عليه انطباقاً دقيقاً، ويدعى مثل هذا القوس بالقطع المكافئ (شكل٧).



(شكل ٧)

مسار قذيفة مدفع منطلقة أفقيا

ولم يبق جاليليو طويلاً في بيزا، فالرجل الذي يتفوق بين زملائه بدرجة كبيرة لا يكون محبوباً قط، إن الانتقادات التي جهر بها والتعبيرات التي لا لباقة بها عن آرائه جعلت له أعداء كثيرين، وفي النهاية صار وجوده في الجامعة غير محتمل، ولذلك استقال وقبل أستاذية الرياضيات في بادوا.

٤- بادوا

كانت محاضرات جاليليو في بادوا انتصارات أحدثت أثراً بليغاً، وذاع صيته في الآفاق، وعلاوة على محاضراته الرسمية كان يكتب أبحاثاً عن التحصينات الحديثة، وكانت تستشيره حكومة البندقية في طرق رفع المياه وتوزيعها، وكتب رسالة شارحاً "القوى الميكانيكية" أو ما نسميها الآن بالآلات مثل الميزان، والبكرة (شكل٨) واللولب والتروس، وكانت تستعمل مثل تلك الآلات في رفع الماء من الآبار في العصور القديمة قبل الكشف عن المبادئ

الميكانيكية التي تضمنتها، وكان جاليليو ملماً بمبادئ الروافع التي عرفت منذ زمن أرشميدس (٢٥٠ ق.م) لقد توصل إلى معرفة حقيقة لاحظها ليوناردو وآخرون أيضاً، وهي أنه على الرغم من أن الرافعة تمكننا من رفع جسم ذي وزن ثقيل بواسطة قوة صغيرة في نهاية ذراع طويل، إلا أن هذه القوة الأصغر يجب أن تتحرك خلال مسافة أطول نسبياً، وهذه الملاحظة أوجزت في العبارة التالية ما يكتسب في القوة يفقد في السرعة، وكان التعرف على هذا المبدأ هو أصل قانون الطاقة الذي تطور تطوراً تاماً بعد ذلك بقرنين.

٥- تجارب بالتلسكوب

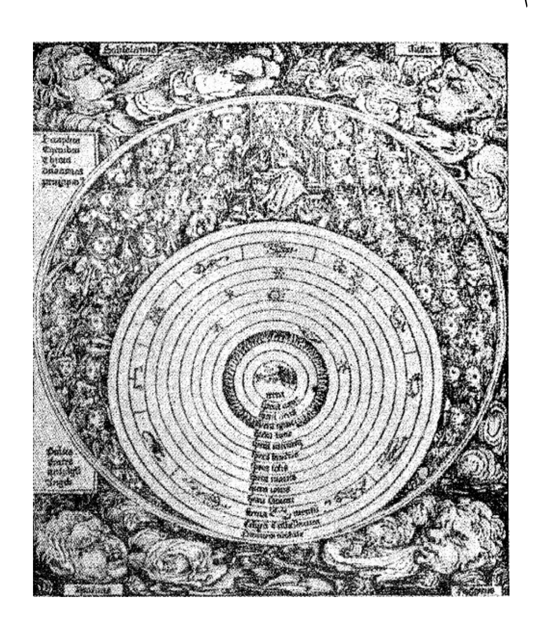
توقفت دراسات جاليليو فيما يختص بالميكانيكا فجأة فقد تألق نجم جديد في السماء عام ١٦٠٤، وأثار هذا شغف الناس جميعاً، وأصبح هناك اهتمام مباشر بالفلك، وحضرت جموع حاشدة محاضرات جاليليو، وكان كل هؤلاء متلهفين أن يعلموا شيئاً عن هذا الجسم الجديد الذي بدأ في السماء، وهيأ هذا فرصة طيبة لجاليليو لطعن أنصار أرسطو الذين كان من رأيهم باستمرار أن السماء لا تتغير تبعاً لما قاله أستاذهم، ولكن هذا كان تغييراً بالفعل.

لوحة رقم ٥



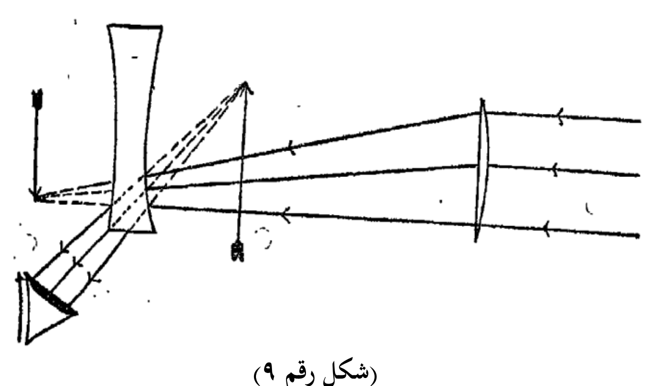
تشريح الجسم من كتاب تركيب الجسم البشري نشر كتاب فيساليس هذا في بازل عام ١٥٤٣

لوحة رقم ٦



رسم توضيحي لمفهوم الكون في العصور الوسطى من السجل التاريخي لنيرمبيرج عام ١٤٩٢

وسرعان ما تيسرت لجاليليو حجج أقوى، فقد سمع إشاعة أن صانع نظارات هولندي تمكن من صنع زوج من العدسات بطريقة تجعل الأشياء البعيدة تبدو أقرب وأكبر حجماً، وقد جعلته هذه الشائعة يعمل فكره، وكان يعرف بطريقة غامضة كيف تجمع العدسة أشعة الضوء التي تسقط وسرعان ما حصل على بعض العدسات، ونجح في صناعته آلة أحسن بكثير من الآلة الأصلية، وادعى جاليليو أن منظاره، كان يكبر الأجسام التي على بعد خمسين ميلاً بحيث تبدو كأنها على بعد خمسة أميال فقط (شكل ٩)، وقد ذاعت قصص عديدة في الخارج عن هذه الآلات الجديدة[١] حتى تلقى جاليليو أمراً ملكياً لعرض آلته على الدرج[٢]، وأعضاء مجلس شيوخ البندقية، وتسلق هؤلاء الوجهاء أعلى برج في البندقية ونظروا خلال التلسكوب فكان ثوابهم أن شاهدوا السفن قادمة من بعد على صفحة الماء، تلك السفن التي كانت مازالت غير مرئية للناس الموجودين أسفل منهم.



(شكل رقم ٩)
المبدأ الذي بنا عليه جاليليو تلسكوبه

---

[١] أعلنت عجائب تلسكوب جاليليو على العالم في أول جريدتين مطبوعتين عرفهما الناس، وقد طبعت هاتان الصحيفتان في ١٦٠٩ في استراسبرج وأوجسبيرج على التوالي.

[٢] والي البندقية. (المترجم)

وسرعان ما وجد جاليليو أن تلسكوبه زود عينيه بقوة جديدة، وصوبه إلى منطقة السماء المعروفة بنهر المجرة، فشاهد حشداً من النجوم، ونظر إلى القمر ورأى به جبالاً وأودية وبدا له كأنه عالم كعالمنا، وذات ليلة صافية ١٦٠٩ كان ينظر من خلال تلسكوبه إلى كوكب المشترى، ومما أثار دهشته أنه رأى عدة أجرام صغيرة بالقرب من المشترى في صف، وكان لا يمكن رؤيته هذه الأجرام إطلاقاً بالعين المجردة، لاحظ في ليال متتالية ورأى أنها كانت تغير مواقعها بالنسبة لبعضها البعض، وعلى الفور طرأت على ذهنه فكرة أن للمشترى أربعة أقمار تدور حوله، بالضبط كما للأرض قمر يدور حولها، إذن فهناك أجسام تدور حول جرم مركزي، نموذج مصغر للمجموعة الشمسية كما فكر فيها كوبرنيكس، يا له من كشف.

لقد فكر جاليليو بالفعل ملياً في أنظمة محتملة في الكون، وأعلن في رسالته لكيبلر أنه من المؤمنين بنظام كوبرنيكس، ومع ذلك فقد كان من واجباته الرسمية في بادوا شرح النظام البطلمي القديم المعقد، ومضى بعض الوقت قبل أن يعترف صراحة بإيمانه بالنظرية الجديدة، وكان لزاماً على المرء في تلك الأيام أن يكون حريصاً في التعبير عن الآراء التي تناهض السلطات، ألم يهلك من قبل جيوردانو بورونو بحرقه حياً على سارية، وذلك بسبب آرائه عن السماء المخالفة لتعاليم الكنيسة؟ ولكن جاليليو كان يضع ثقته في عينيه، وكان يشعر وتلسكوبه تحت تصرفه أن لديه وسيلة يستطيع بها أن يحقق صدق نظرية كوبرنيكس البالغة الأهمية.

وكانت هناك حجة غالباً ما قامت ضد نظرية كوبرنيكس، وهو أنه إذا كان كوكب الزهرة الذي هو أقرب منا إلى الشمس يتحرك بحق حول الشمس فيجب أن نرى وجهه بأكمله أحياناً مضاء بنور الشمس، ونرى أحياناً جزءًا منه

فقط، وبمعنى آخر يجب أن تكون للزهرة أوجه كأوجه القمر. ولكن كوكب الزهرة اللامع، نجمة الصباح والمساء، كان مظهرها لا يتغير باستمرار، ونتيجة لذلك، فإن الرجال القلائل الذين عن لهم في وقت من الأوقات أن يتدبروا الأمر استنتجوا أن هذه كانت حجة قوية ضد نظرية كوبرنيكس، ولكن جاليليو أتى بتلسكوبه في تلك الآونة، وراقب الزهرة عدة أسابيع على فترات وما أطربه أن رأى الزهرة مرة تبدو كالهلال، ثم بدت بعد ذلك في حجم نصف القمر، وبعد ذلك بدأت كدائرة كاملة من نور، ولكن الزهرة كانت تبدو باستمرار للعين المجردة بشكل لا يتغير، وكانت هذه حجة قوية في صالح نظرية كوبرنيكس، ولكن بعض الأساتذة القدامى أبوا أن يستعملوا في مشاهدتهم تلسكوب جاليليو، وحاول آخرون أن يدحضوا ما قد رأوه بأعينهم.

ولذلك كثر أعداء جاليليو، أنه لم يثر حنق أساتذة الجامعة المحافظين فحسب، بل أثار حنق الكنيسة أيضاً، وشعرت السلطات الحاكمة أنه كان زنديقاً، وألقيت الخطب الدينية ضده، ولكنه استمر مع ذلك في دراساته، وكانت خطوته التالية هي تصويب تلسكوبه ناحية الشمس، معلناً أنه شاهد بقعاً مظلمة بدت كأنها تتحرك من يوم إلى يوم عبر الكرة الملتهبة، وزاد ذلك من قلق أنصار أرسطو كثيراً، وبدأ أعداؤه في الكنيسة يثيرون الآراء ضده في روما، وفي سنة ١٦١٥ استدعاه البابا ليشرح وجهة نظره، استقبله البابا استقبالا حسناً للغاية، وكانت المقابلة مقابلة ودية، ولكنه مع ذلك فرض حظراً عليه ألا ينشر أي مزيد من آرائه.

٦- أمجد أعمال جاليليو

أكمل جاليليو بعد حوالي خمسة عشر عاماً من عودته من روما أعظم

مؤلف له عن النظريتين الكبيرتين اللتين تفسران نظام الكون[1]، وكان قد وعد من قبل ألا يتناول النظرية الكوبرنيكية بالشرح والتبيان، ولذلك أعلن أن الكتاب كان شرحاً غير متحيز لكل من النظريتين البطلمية والكوبرنيكية، وصيغ هذا الكتاب على هيئة مناقشات بين شخصين من أنصار هاتين النظريتين المتضاربين، وبين شخص ثالث كان يوجه أسئلة إليها.

وحيث أن جاليليو كان مؤمناً بنظرية كوبرنيكس، كان من المستحيل عليه لذلك أن يظل غير متحيز، أنه لم يستطع تفادي جعل المناقشات تؤدي إلى التنديد بمغالطات الجانب الآخر وكان ذا تهكم لاذع، ومن سوء الطالع أنه أجرى الحجج العقيمة لأنصار النظرية البطلمية وحتى حجة أدلى بها البابا نفسه، على لسان سيمبلكيوس، وهو شخص أخرق استخدمت ملاحظته كأحابيل للتنديد الواضح بأنصار النظرية الكوبرنيكية، وكانت الرقابة مفروضة على الكتب في تلك الأيام، ومن المحتمل أن الرقيب البابوي لم يستطع فهم كتاب جاليليو، أو على الأقل لم يقرأه بتمعن، وذلك لأنه نشر في عام ١٦٣٢، وقد استقبلته الطبقة المتعلمة في العالم بترحاب، ونوقش من جميع وجوهه في جميع الأوساط، ولكن أعداء جاليليو رأوا أن الفرصة قد سنحت لهم الآن، لقد دعي إلى روما، وكان عليه أن يظهر أمام محاكم التفتيش. ماذا كان جرمه؟ لم يكن جرمه الوحيد أنه ذكر أن الأرض تدور حول الشمس، إن اتجاهه الكلي كان من شأنه أن يزعزع العقائد الراسخة، فبدلاً من اعتبار العلم تراثاً مقدساً يتوارثه عصر عن عصر، أخذ جاليليو يقوم بالتجارب لنفسه، وعلاوة على ذلك فإنه وضع النتائج التي وصل إليها العقل البشري موضع المناهض لسلطة الكنيسة، واعتبرت حججه ضد النظرية البطلمية كتهجم على

---

[1] حوار بين اثنين حول نظام العالم، طبع في فلورنس عام ١٦٣٢.

النظام التام التي تتعلق جميع العقائد به، ومن المؤكد أن جاليليو لم يكن لبقاً، وأنه قد خالف أوامر الكنيسة إن لم يكن حرفياً فروحياً، وقد أجرم أيضاً في جرحه كبرياء البابا، واعتبر شخصاً خطراً ولذلك قدم للمحاكمة.

وإنه لمما يثير الشجن أن نفكر في شخص كجاليليو، شخص كباري مهدم، جاثياً يطلب التوبة، لقد أجبر أن يستنكر النظام الكوبرنيكي، وقد كان لمحاكم التفتيش تلك القوة الكبيرة، ولكنها لم تكن لديها قوة تقضي بها على تيار الروح الجديدة التي سرت في العالم – روح الاستقصاء التي كانت لا تزال سارية في دماء جسد جاليليو الواهن، والتي شغلت بال خلفائه فغيرت نظرية البشرية كلها.

وكان من أعظم الخدمات التي أسداها جاليليو للعالم تمييزه الواضح بين ما يمكن أن يقاس وما لا يمكن أن يقاس، ومن الأمثلة التي ضربها لذلك أنه من الممكن أن نقيس حجم شيء ونقدر وزنه والسرعة التي يتحرك بها، ونعبر عن هذا كله بالأعداد، ولكنه أوضح أنه لا يمكننا أن نعبر بالأعداد عن رائحة أي شيء، أو مذاقه، أو لونه، أو أي شيء آخر من الآثار التي تتوقف على حواسنا، وقد شغل رجال العلم أنفسهم منذ زمن جاليليو بشكل متزايد بالوزن والقياس والتعبير عن النتائج بالأرقام، وحينما كانوا يتمكنون من تقدير ما كانوا يتحدثون عنه كانوا يستطيعون موازنة نتائجهم بنتائج الباحثين الآخرين، وكانوا يسجلون تلك النتائج لاستخدامها في المستقبل ويستعملونها في اختبار الآراء المختلفة.

وبالتدريج سار المبدأ القائل بأن العلم إنما هو قياس يؤثر في جميع فروع دراسات الطبيعة، وإننا لمدينون بذلك المبدأ لجاليليو. وعاش جاليليو

بعد محاكمته في فيلته القريبة من فلورنسا في عزلته المبجلة، ولكن عقله الزاخر لم يهدأ له بال قط، إذ على الرغم من أنه قد حرم عليه نشر أية مؤلفات أخرى في مناصرة النظرية الكوبرنيكية، إلا أنه مع ذلك جمع نتائج أبحاثه الأولى عن الأجسام الساقطة وضمنها رسالة في الحركة كانت أساس علم الديناميكا كله. لقد بدد جاليليو طاقاته دون اكتراث، وأثرت الرحلات الشاقة إلى روما والمتاعب التي صادفها في محاكمته على بنيته الضعيفة تأثيراً بالغاً، وأصيب في سنواته الأخيرة بالعمى، وفي ذلك الوقت زاره جون ميلتون[1]، وكان إذ ذاك شاباً في مقتبل قواه يستمتع بمباهج الشعر، وكان جميع زواره يعلقون على حاله جاليليو الهرم الأعمى وصفاء ذهنه الذي كان يخلب لبهم، ولكن النهاية كانت وشيكة إذ قضى جاليليو نحبه عام ١٦٤٢. ومع ذلك فإن عمله لم ينته، ففي السنة التي مات فيها جاليليو ولد فيها إسحاق نيوتن، الذي قدر له أن يسير بالعمل الذي بدأه جاليليو إلى نهاية مجيدة.

([1]) شاعر انجليزي يعد الشاعر الانجليزي الثاني بعد شكسبير. (المترجم)

الفصل الرابع

افتتاح عصر التجربة

١ أسس علم المغنطيسية

كان المعروف زمن الإغريق القدماء أن الكهرمان يكتسب خاصية اجتذاب الأجسام الخفيفة إليه مثل الريش وقطع الصوف عند دلكه، وأن هناك مادة معينة في الأرض في قدرتها اجتذاب قطع الحديد. وكان يطلق على هذه المادة لفظ «الحجر المغنطيسي» وبعد ذلك أطلق عليه «المغناطيس» الذي اشتق اسمه من اسم "مغنيسيا" في الإغريق حيث كانت هذه المادة توجد بكميات كبيرة. ثم صار المغنطيس يعرف باسم «حجر الطريق» بالنسبة لاستعماله للدلالة على اتجاه الطريق، ويشير حجر المغنطيس في استعماله الحالي إلى أكسيد الحديد الذي يتكون طبيعياً والذي يسمى بالمغنطيس[1]

وكانت الخاصية الحقيقية الوحيدة للمغنطيس المعروفة للقدامى هي قوة جذبة للحديد، ولكن بمرور الوقت حاك الناس حوله عدة أقاصيص خرافية، ومما افترضته هذه الأقاصيص أن حجر المغنطيس يفقد ميزته في حال وجود الثوم، أو أحجار الماس، ولكن كان المعتقد أمكان عودة قوة جذبة باستخدام دم ماعز في الوقت المناسب. وكان من المفروض أن لحجر المغنطيس خواص طبية، وكان يوصى به بوجه خاص لعلاج النقرس، وقد توارثت الأجيال كثيراً من هذه الأقاصيص المدهشة التي تستهوي السذج فيصدقونها.

---

(١) أكسيد الحديد المغنطيسي (المترجم)

وقد عرف في القرون الأخيرة من العصور الوسطى أن قطعة الحديد التي مغنطت باحتكاكها بحجر مغناطيس تأخذ اتجاها شمالياً جنوبياً تقريباً لو ثبتت في محور بحيث يمكنها ذلك من التحرك في مستوى أفقي، وكانت تستعمل أحجار المغنطيس هذه، كما قد رأينا لإرشاد السفن في البحر، وأحياناً كان المغنطيس بدلاً من تثبيته بمحور ليتأرجح بوضع في فنجان خشبي طاف في قدح مائي. وهناك رسم لمثل هذا المغنطيس الطافي في إحدى مذكرات ليونارد دافنشي، ولكن مثل هذه الدراسات المبكرة لم تتابع أكثر من ذلك حتى انتهى القرن السادس عشر تماماً.

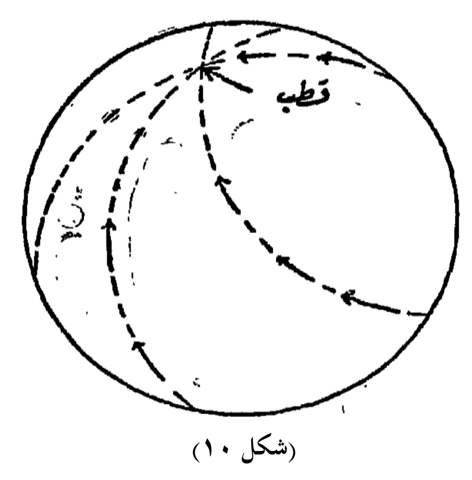
ويرجع تاريخ الدراسة العلمية للمغناطيسية في الحقيقة إلى أيام وليم جيلبرت (١٥٤٠ – ١٦٠٣). وقد درس هذا الرجل العظيم الطب في كامبردج، وبعد ذلك مارس هذه المهنة في لندن حيث عمل كطبيب للملكة إليصابات، وفي فترات فراغه من واجباته كطبيب للقصر قام جيلبرت بالأبحاث البالغة الأهمية التي أكسبته لقب أبي المغنطيسية، ويبدو أنه كان شديد الإخلاص لإليصابات، ويخبرنا أحد مؤرخي الجيل التالي بإشارة لبقة قائلاً: لقد بلغ إخلاصه للملكة حداً جعله يموت في السنة التي ماتت فيها عام ١٦٠٣، كما لو كان غير راغب أن يبقى حياً بعدها.

وقد دون جيلبرت قصة تجارية في كتاب نشره عام ١٦٠٠[1] أوضح فيه أن الأرض نفسها ما هي إلا مغنطيس، وكان هذا أول كتاب علمي هام طبع ونشر في إنجلترا، وفي إحدى تجارية الأولى أخذ جيلبرت قطعة مغنطيس وجعلها على شكل كروي، ثم وضع إبرة حديدية على المغنطيس، وأمسكه

() [1] كان عنوان الكتاب: المغنطيسي والأجسام الممغنطة والمغنطيس الكبير، الأرض (لندن ١٦٠٠).

بيده، فلاحظ أنه تأرجح أول الأمر حول مركزه ثم استقر، رسم خطاً بالطباشير على المغنطيس لتحديد موقع الإبرة ثم أمسك بعد ذلك بالحجر في وضع مختلف وحدد الاتجاه الذي استقرت فيه الإبرة، وبعد أن كرر هذه العملية عدة مرات، وجد مغناطيسه مغطى بعدد من الخطوط الطباشيرية التي يمكن توصيلها سوياً لتكون دوائر مثل خطوط الزوال على الكرة الأرضية، وقد شوهد تقاطع هذه الدوائر في نقطتين متقابلتين على المغناطيس سماها جيلبرت اقتفاء لكاتب أقدم منه «القطبين» (شكل ١٠).

وبعد أن اهتدى جيلبرت إلى القطبين بهذه الطريقة، وضع المغنطيس إلى كوب خشبي وجعله يطفو في قدح من الماء، وقد لاحظ أن القدح أخذ يتأرجح حول محوره ثم استقر في النهاية، وكان الخط الموصل للقطبين في اتجاه شمالي جنوبي، وعلى ذل استطاع أن يميز طرف المغناطيس الذي يتجه شمالاً باستمرار. ووجد بجعله مغنطيس يطفوان أن الأقطاب المتشابهة تتنافر، بيد أن الأقطاب المختلفة يجذب بعضها بعضاً.

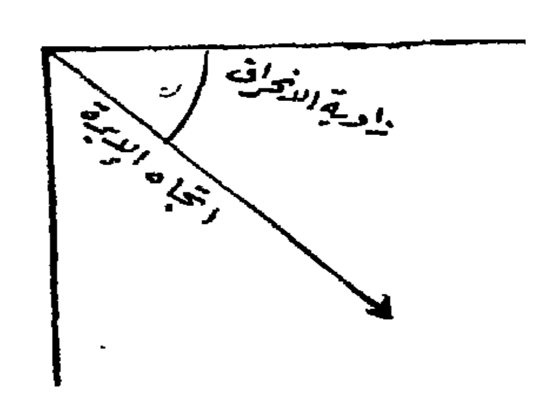


(شكل ١٠)

توضيح تجربة جيلبرت بالمغنطيس الكروي ظهرت فيه الإبرة في عدة مواضع

وصنع جيلبرت أيضاً آلة صغيرة مفيدة تتكون من قطعة حديد ممغنطة شكلها كشكل السهم ومركبة في محور كإبرة البوصلة الصغيرة التي نستعملها الآن، واستطاع جيلبرت بمساعدتها أن يجد أي القطبين هو القطب المتجه شمالاً باستمرار، أو ما يعبر عنه بالقطب الشمالي على سبيل الإيجاز لأية قطعة من قطع المغنطيس.

وكان المعروف في زمن جيلبرت أنه لو ركبت إبرة ممغنطة بحيث يمكنها أن تدور في مستوى رأسي يقع في اتجاه شمالي جنوبي فإنها تتخذ أوضاعاً مختلفة في الأماكن المختلفة على سطح الكرة الأرضية (شكل١١)، وقد شوهد أن القطب الشمالي للإبرة في خطوط العرض الشمالية ينحرف نحو الأرض. ووجد أن زاوية الانحراف الواقعة بين الإبرة والمستوى الأفقي تبلغ ٥٧١ في لندن تلك الأيام، وأن الزاوية تكبر كلما اقتربنا من القطب الشمالي، وكلما اقترب المشاهد من خط الاستواء كلما نقصت.



(شكل ١١)

زاوية الانحراف

وقام جيلبرت بدراسات مماثلة على نطاق ضيق بأحجار مغنطيسية كروية الشكل، ووجد أنه إذا ركبت إبرة تركيباً مناسباً فإنها تتخذ فيما يختص بالمغنطيس موضعاً مطابقاً لزاوية الانحراف على الأرض «أن هذا الانحراف العجيب» كما قال «لدلالة واضحة على طبيعة الأرض المغنطيسية العظيمة».

هيا بنا نعود لحظة إلى البوصلة، لقد كان معروفاً حتى قبل عصر جيلبرت أن الاتجاه الذي تتجه نحوه إبره البوصلة ليس هو الاتجاه الشمالي الجنوبي بالضبط كما حددته المقاييس الفلكية، أنه ينحرف عن ذلك الخط، وتعرف الزاوية التي بين الاثنين الآن بزاوية التغير أو الميل. وكان صانعو البوصلات يعملون حساباً لهذا الانحراف، وقد اعتادوا في عصر جيلبرت أن يجعلوا بطاقة الاتجاه الموضوعة تحت الإبرة منحرفة انحرافاً بسيطاً، ولكن الانحراف يتغير من مكان إلى مكان على سطح الكرة الأرضية، وعلاوة على ذلك يحدث فيه تغير بسيط من سنة لأخرى، بحيث أن التصحيح الذي كان يجري كان تصحيحاً محلياً يلبث إلا وقتاً قصيراً فحسب. وفي عصر إليصابات كانت المعلومات الخاصة بهذا الموضوع قليلة جداً بدرجة أن مشكلة الانحراف المغنطيسي أقلقت الملاحين بدرجة كبيرة، وظن جيلبرت حينما أدرك هذه المصاعب أن إبرة الانحراف يعول عليها أكثر من البوصلة العادية، وقد وجد بواسطة أحجاره المغنطيسية الكروية الشكل أن الخطوط التي توصل الأماكن التي يتساوى فيها الانحراف تتفق مع خطوط العرض، ولذلك ظن أن إبرة الانحراف من شأنها تمكين الملاحين من رسم خرائط لخطوطهم الملاحية، ولكن حينما وضعت هذه الطريقة موضع التجربة وجد أن هناك تغيرات كبيرة في مقدار الانحراف في الأماكن التي تقع على خط عرض واحد، ولذلك اضطر أن ينبذ هذه الفكرة.

وبمرور الوقت أدخلت تحسينات على تركيب البوصلة، وكان لا يزال عدد الرواد المخاطرين الذين يمخرون عباب البحر في ازدياد. ونتيجة لذلك أصبحت مقادير الانحراف معروفة في عدد كبير من الأماكن. ولذلك كان في استطاعة الملاح إجراء التصحيحات في مقادير الانحراف من واقع خريطته الملاحية، ويرسم تبعاً لذلك خط سفينة الملاحي بدرجة دقيقة نوعاً.

وعلى الرغم من أن جيلبرت ذاع صيته غالباً بالنسبة لما قام به في المغنطيسية، إلا أنه قام بعدة دراسات مهمة تتعلق بخواص الأجسام المكهربة، ونحن مدينون بنفس كلمة الكهرباء لجيلبرت، وقد استخدم هذا الاسم لوصف الآثار الغربية التي شاهدها عند ذلك في الكهرمان، والكلمة الإغريقية للكهرمان هي: إليكترون، وهذه الكلمة نفسها مشتقة، والكلمة الإغريقية لكهرمان هي: إليكترون، وهذه الكلمة نفسها مشتقة من كلمة: اليكتور: ومعناها ساطع. ولاحظ جيلبرت أن قوة جذب الأجسام لا يختص بها الكهرمان وحده، ولكن هناك موادًا أخرى لها نفس الخاصية مثل الزجاج، ولاحظ أن الأجسام المكهربة تفقد قوتها حينما توضع قرب لهب، وأن التجارب التي تجرى على الأجسام المكهربة لا تؤدي إلى نتائج دقيقة في الأيام الرطبة، وهي حقيقة معروفة تمام المعرفة للطلبة اليوم، ولكي يوضح جيلبرت التكهرب صنع جهازاً بسيطاً مكوناً من مؤشر خفيف مركب في محور بحيث يتمكن من الدوران بسهولة، كان يجذب حينما تقترب منه الأجسام المكهربة، ولذلك كان يستخدم ككاشف بسيط للتكهرب.



(شكل ١٢)

تصوير جيلبرت لحداد يعمل على سندانه. هذا الشكل يوضح كشف جيلبرت أنه إذا وضعت قطعة حديد محمية في اتجاه شمالي جنوبي وطرقت فإنها تصير ممغنطة (من كتاب المغنطيسية)

وبين دفات كتابه في المغنطيسية، نجد بيانات واضحة عن حقائق مشاهداته، فمثلاً دون جيلبرت أنه لو قطع مغنطيس إلى نصفين فإنه يتكون له قطبان في المواضع التي كان خامداً فيها من قبل، ويوضح لنا أيضاً كيف أن قضيباً من حديد محمي ذا اتجاه شمالي جنوبي يصير ممغنطاً حينما يطرق بمطرقة (شكل ١٢) ويقرر في وصفه لهذه التجارب ولتجارب أخرى ما شاهده بالضبط وكان في ذلك حريصاً على ألا يستخلص أية استنتاجات أو يعطى أية إيضاحات لا أساس لها. ويعد عمل جيلبرت في الحقيقة مبدأ عصر التجريب بمعناه الحديث، لقد رسم لنفسه طريقة محددة للاستقصاء، وهي الدراسة التجريبية لخواص المغنطيسات والطبيعة المغنطيسية للأرض، إنه لم يحاول أن يصف العلم كله كما فعل كتاب القرون الوسطى، وهذا التحديد الذي يفرضه الإنسان على نفسه هو من خصائص الاتجاه الحديث، وإنه لذو

مغزى أن سنة ١٦٠٠ التي شهدت نشر مؤلف جيلبرت العظيم، هي نفس السنة التي شهدت استشهاد بورونو في روما، ومما يريح بالنا ببعض الشيء أن ندرك أنه على الرغم من أن إنجلترا في ذلك الوقت كانت متخلفة عن إيطاليا ثقافياً بدرجة كبيرة، إلا أن روح الاستقصاء الجديدة ازدهرت في جوها الأكثر حرية، وأن رجال العلم على الرغم من أنه كان ينظر إليهم أحياناً بعين الريبة، كانوا يعاملون بروح من التسامح، وكان بعضهم كجيلبرت يتمتع برعاية ملكية[1].

٢ – اكتشاف الدورة الدموية

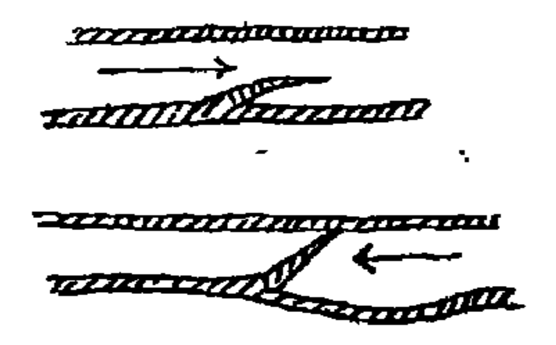
إن مبادئ القياس التي دافع عنها جاليليو في بادوا دفاعاً مجيداً ظهرت ثمارها في مؤلفات من قصدها من بلاد كثيرة. لقد صارت بادوا مركزاً دولياً للعلم، إذا فتحت أبوابها للطلاب من جميع المذاهب الدينية، وما زال في الإمكان أن نرى في فناء جامعتها أوسمة الشرف البطولية لبعض مشاهير الرجال الذين تعلموا هناك. وبين هذه الأنواط نوط الطبيب الإنجليزي وليم هارفي (١٥٧٨ – ١٦٥٧) الذي زاول مهنة الطب في لندن بعد دراسته في كامبريدج، وفي بادوا بعد ذلك، وأصبح طبيباً في مستشفى سانت بارثلميو. وسرعان ما بدأ بعد ذلك عدداً من الأبحاث اهتدى خلالها إلى كشفه العظيم – الدورة الدموية.

وأول مفتاح لهذا الكشف أتى من مدرس هارفي في بادوا، الذي بين له أن هناك صمامات في الأوردة تسمح بانسياب الدم في اتجاه واحد فقط.

---

(1) إنه من الممتع أن نلاحظ أن بورونو الذي قام بأمجد أعماله في إنجلترا تعرف على جيلبرت، ومن المحتمل أن وجهات نظر بورونو وصلت إلى جاليليو عن طريق كتابات جيلبرت.

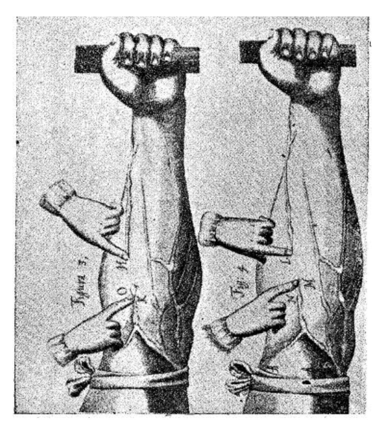
وهذه الصمامات إنما هي قلابات تفتح كالباب حينما ينساب الدم ماراً في اتجاه واحد، ولكنها توصد بأي انسياب في الاتجاه المضاد (شكل ١٣). وقد أوضح تعرف هارفي لهذه الصمامات أنه لا يمكن أن ينساب الدم ذهاباً وإياباً في نفس الشرايين، كما كان الناس يعتقدون حتى ذلك الوقت.



(شكل ١٣)
كيف تسمح الصمامات في الأوردة للدم بالانسياب في اتجاه واحد فقط

وعلاوة على ذلك فقد كان قد تعلم مبادئ انسياب السوائل من جاليليو. ولذلك فإن هارفي عالج انسياب الدم من وجهة النظر الميكانيكية، معتبراً القبل كنوع من أنواع المضخات. ويخبرنا هارفي أن هدفه كان اكتشاف الحقائق عن طريق الفحص الواقعي، وليس من كتابات الآخرين، لقد راقب حركات قلب الحيوانات الحية بما فيها ذكور الضفادع، والضفادع والثعابين، والأسماك الصغيرة والسرطانات البحرية، والجنبري، والقواقع، والمحار، وكذلك قلوب الحيوانات ذات الدم الحار. واستنتج هارفي من مثل هذه الدراسات استنتاجاً صحيحاً أن نبض القلب يحدث عندما تقلص القلب، وأن هذا التقلص يدفع بالدم إلى الخارج، وقد تأكد من هذا من مشاهداته لتركيب القلب نفسه.

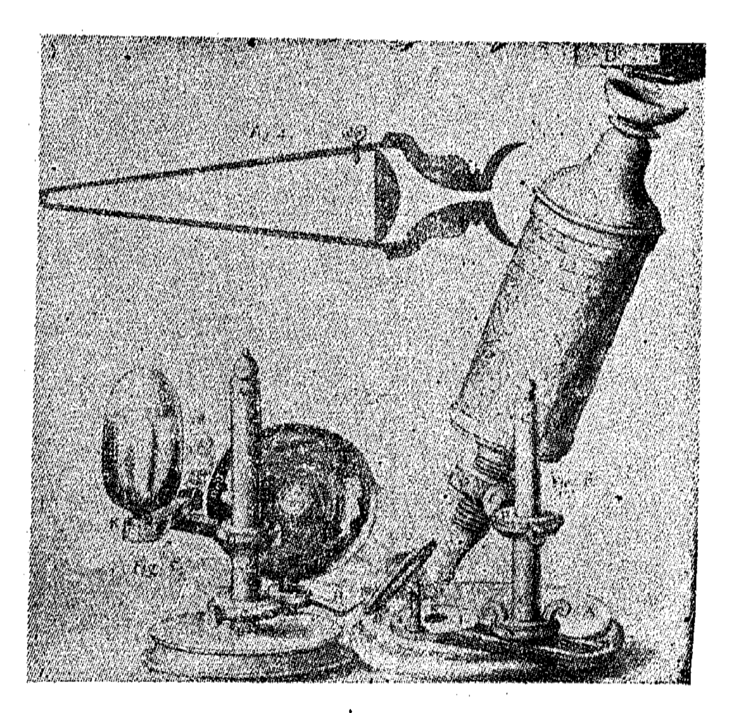
وبعد ذلك درس هارفي انسياب الدم في الأوردة، وكانت إحدى تجاربه تتلخص في ربط السواعد العليا لأشخاص أحياء بضمادات (لوحة ٧)، ونتيجة لهذا انتفخت الأوردة وسهلت رؤيتها. وعند ضغطه بإصبعه على إحدى الأوردة في اتجاه بعيد عن القلب وجد أن هذا الجزء من الوريد بقي خالياً من الدم، وقد أراه هذا بوضوح أن الأوردة تسمح فقط للدم بالانسياب خلالها صوب القلب، وقد لاحظ الدارسون قبله وعلى الأخص ليوناردو الصمامات في الشرايين الكبيرة التي يسري الدم فيها خارجاً من القلب. وشاهدها هارفي أيضاً هذه الشرايين واستنتج وهو على صواب فيما ذهب إليه أن تلك الصمامات تسمح بانتقال الدم من القلب فحسب، وعلى ذلك أدرك أن انسياب الدم كان الشيء المراد النظر إليه يوضع عند (م) حيث تمكن رؤيته من عدة زوايا، وكان هوك يستعمل مصباحاً للإضاءة. واستخدم الإناء الزجاجي الكروي (ز) والعدسة (ط) كبؤرة لتجميع الأشعة في كل من الشرايين والأوردة يجب أن يكون مستمراً، وفي اتجاه واحد فقط. وبعد ذلك أصبح الطريق ممهداً لاكتشاف الدورة الدموية.



لوحة رقم ٧

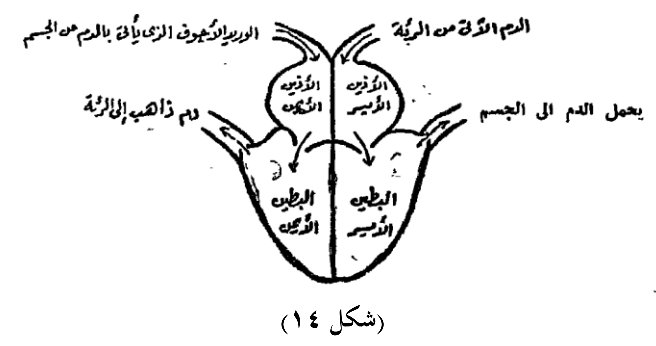
تجارب هارفي على سواعد أناس أحياء مربوطة بضمادات

لوحة رقم ٨



مجهر هوك

وقد بين هارفي أننا لو افترضنا أن البطين الأيسر للقلب يحتوي على أوقيتين من الدم، وأن معدل النبض ٧٢ في الدقيقة فإن البطين الأيسر يخرج في الدقيقة ٧٢ × ٢ أو فيه دم، أو ٧٢ × ٢ × ٣٠ كل نصف ساعة، ولكون هذه الكمية الأخيرة أكبر من كمية الدم جميعها التي يحتويها الجسم، فقد استنتج أن الدم الذي يتكرر إرساله من القلب يجب أن يعود ثانياً إليه (شكل ١٤)



(شكل ١٤)

الدورة الدموية أثناء مرورها في القلب حينما تتقلص جدر البطين الأيسر يندفع الدم خلال الصمامات إلى الشريان الكبير المعروف باسم الأورطى. وينتقل من الأورطى إلى شرايين أصغر تتفرع إلى أصغر منها حتى يصل إلى أوعية دموية تشبه الشعر، وهي التي تعرف بالشعيرات، وينتقل من الشعيرات إلى أوردة أكبر فأكبر حتى يصل إلى القلب عن طريق الوريد الكبير المسمى بالوريد الأجوف الذي يصب في الأذين الأيمن.

ويمكننا تلخيص نتائجه كما يلي (١) أن النبض يتفق مع تقلص القلب (٢) يحدث النبض بواسطة امتلاء الشرايين بالدم (٣) لا توجد هناك مسام في الحاجز الفاصل بين جانبي القلب (٤) ينتقل الدم من الجانب الأيمن إلى الجانب الأيسر للقلب عن طريق غير مباشر فقط بمروره أولاً خلال الرئتين (٥) الدم الذي تحتويه الشرايين والذي تحتويه الأوردة هو نفس الدم.

وبدأ هارفي يوضح تلك المبادئ للمستمعين إليه في الكلية الملكية للأطباء عام ١٦١٦ وهو العام الذي قضي فيه شكسبير، واستمر يقوم بهذا عشر سنوات، وأثناء هذه المدة أعاد فحص النتائج التي وصل إليها بإجرائه تجارب متكررة عليها، ولم يعلن عن اكتشافاته للعالم إلا بعد إغراء جاد من أصدقائه أن يفعل ذلك، وطبع مؤلفه في فرانكفورت عام ١٦٢٨ تحت عنوان: بحث فني تشريحي في حركة القلب والدم.

وكان هارفي ذا خلق يتسم بالحرص والهدوء. لم يكن ككيبلر تستخفه ألفاظ التعظيم التي تطربه، ويندفع في تيارها، كما لم تكن له الحمية النارية التي تميز بها جاليليو، لقد بلغ من رزانته وهدوء مزاجه أنه أثناء موقعة ادجهل جلس بهدوء بجوار وشيع[1] مستغرقاً في قراءة كتاب، وكان في ذلك الوقت يعمل طبيباً خاصاً للملك شارل الأول. أنه انتقل فسحب من مكانه وواصل القراءة حينما سقطت قنبلة مدفع بجواره، إن هذا المزاج الهادئ، بالإضافة إلى مهارته في أجراء التجارب، وتفهمه تاماً لعناصر المشكلة، مكنه من القيام بعمل رائع ينتزع حتى اليوم وبعد مرور ثلاثة قرون الإعجاب من كل أولئك الذين يدرسون تلك الآلة العجيبة، الجسم البشري.

٣ – اكتشافات المجهر

على الرغم من أن هارفي كشف حقيقة الدولة الدموية، إلا أنه لم يشاهدها قط، إذ لم يكن لديه مجهر، نتيجة لذلك لم ير انتقال الدم قط من الشرايين إلى الأوردة خلال الأوعية الدموية الدقيقة التي يطلق عليها اسمن الشعيرات، وبعد موت هارفي بأربع سنوات تمكن عالم تشريح إيطالي يدعى مالبيغي (١٦٢٨ – ١٦٩٤) من وصف هذه الدورة الدموية خلال الشعيرات، واستخدم في مشاهداته عدسة محدبة واحدة، أو مجهراً بسيطاً. وكانت العدسات المحدبة معروفة من وقت طويل، وكانت تستعمل من أزمان قديمة شريحة من كرة زجاجية كعدسة حارقة، وكان معروفاً أن مثل تلك العدسات المسطحة وكذلك العدسات مكورة الوجهين من شأنها تجميع أشعة الشمس وتركيزها في نقطة، وكانت هذه النقطة تدعى بؤرة العدسة، وأصبحت

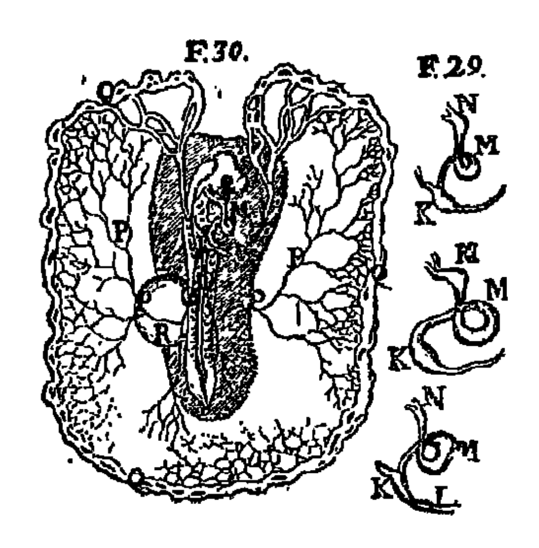
---

[1] سياج من نبات (المترجم)

المسافة من هذه البؤرة إلى العدسة تعرف باسم الطول البؤري أو البعد البؤري للعدسة، واستخدمت القوة المكبرة للعدسة المحدبة كمعين على الرؤية على شكل نظارات منذ القرن الثالث عشر، ولكن سطوح تلك العدسات لم تكن مكورة الوجهين بدرجة متقنة، ولذلك كانت غير مناسبة لفحص الأشياء الدقيقة.

ومع ذلك فحوالي منتصف القرن السابع عشر كانت طرق صقل العدسات وجعلها ملساء قد تحسنت إلى حد كبير، وأصبح في الإمكان مشاهدة الأشياء الصغيرة وتفاصيلها بسهولة خلالها، وكان مالبيغي يستخدم في أبحاثه عدسة محدبة ذات بعد بؤري قصير جداً، لقد فحص رئة ضفدعة، وبذلك كان أول من شاهد الدم يسري خلال شبكة من الشعيرات التي ينتقل بواسطتها الدم من الشرايين إلى الأوردة، ويعود في النهاية إلى القلب، وعلى ذلك فإن مشاهدته هذه أكملت آخر حلقة في سلسلة اكتشافات هارفي.

وكان مجهر مالبيغي هو الذي مكنه من ملاحظة الأطوار المختلفة التي يمر فيها جنين النقف (شكل١٥)، وفحص أجزاء الحشرات والتركيب الدقيق لبعض النباتات، وأوضح أن الجلد يتكون من طبقات رقيقة، كما كان أول من فحص التركيب التفصيلي للمخ، والألياف العصبية.



(شكل ١٥)
الصور التي رسمها مالبيغي جنين النقف (الكتكوت قبل أن يفقس)

وأجريت دراسات مهمة أخرى بواسطة أنتوني فان ليبونهوك (١٦٥٢ – ١٧٧٣)[١] واستعمل مثله في ذلك مثل مالبيغي عدسات مفردة ذات بؤرة قصير المدى، واعتاد أن يصقل عدساته بنفسه، ولا بد أنه كان يقوم بذلك بشكل جيد جداً، إذ أن مدى مشاهداته مدى يدعو إلى الدهشة، وكان أول من رأى الكرات الدموية ورسمها. لقد وصف الدم بأنه مكون من دقائق متناهية في الصغر تدعى كريات، تلك الكريات ذات اللون الأحمر في معظم الحيوانات وتسبح في سائل يدعوه الأطباء مصلاً، وهذه الكريات هي التي تجعل حركة الدم ممكنة الرؤية. وحسب تقديره كانت المائة من هذه الكريات الصغيرة تعادل حين توضع جنباً لجنب قطر حبة رمل، وعلى ذلك يعادل حجم حبة الرمل حجم كرية الدم مليون مرة[٢] وبملاحظة سيول الكريات

(١)كان ليبونهوك يشغل منصب ياور لحاكم ولاية دلفت. وقد استغرقت أبحاثه المهجرية مدة خمسين عاماً.
(٢)إذا أن حجم الكرة يساوي $\frac{4}{3}$ ط نق ٣ أي حجم الكرية $\frac{4}{3} \times \frac{22}{7} \times$ (٥٠)٣

المناسبة في الأوعية الدموية الدقيقة استطاع ليبونهوك أن يتأكد من وجود الدورة الدموية في عرف ديك حي، وفي آذان أرنب، وفي جناح خفاش، وفي ذيل ثعبان سمك.

وبالاستعانة بمجهره لاحظ ليبونهوك التكوين الدقيق لكثير من الأشياء الحية، ففحص مثلاً خنفساء الحنطة والدوديات التي تصيب الحبوب المخزونة، ومكنه مجهره من أن يتكشف أطوار حياتها الأولى. وقد أعطى في الحقيقة أوصاف يرقات كثيرة من أنواع الحشرات وبيض الدوديات. وكان المعتقد في الوقت الذي ظهر في ليبونهوك أن الحشرات والحشيرات كانت تنشأ ذاتياً من المادة المتحللة مثل اللحم أو الجبن اللذين أصابهما العفن، أو الحنطة المحفوظة في المخازن. ولكن مشاهدات ليبونهوك أقنعته إن هذا لا يحدث، وقد بلغت به الجرأة أن أكد أن توالد الحي من الميت أمر مستحيل. ومع ذلك فلم يعترف بهذا المبدأ اعترافا عاماً إلا بعد الوقت الذي عاش فيه بزمن طويل.

وقد لاحظ بعض العمال القدامى ما أسموه بالديدان الحية الدقيقة في اللحم المتعفن والمواد الأخرى، ولكننا نعرف من أوصافهم أن ما رأوه لم يكن غير مجرد يرقات حشرية. ومع ذلك فيبدو أن ليبونهوك قد رأى فعلاً تلك الصور الدقيقة من الحياة النباتية التي نسميها الآن بكتريا. إنه يصف ما يسميه الحيوانات في الماء واللعاب وطرطير الأسنان. ويمكننا أن نستنتج من أوصافه ورسومه أنه فعلاً رأى أنواعاً معينة من البكتريا. ومن المدهش أنه استطاع أن يفعل ذلك بالاستعانة بعدسة واحدة فقط. ومن الغريب أنه على الرغم من أن دراسته حظيت باهتمام رجال العلم في العالم، إلا أنها لم تتابع إلا بعد أكثر من مائة عام بعد وفاته.

وقد أجريت دراسات مهمة بالمجهر بواسطة راصد إنجليزي ذي مواهب متعددة الجوانب يدعى روبرت هوك (١٦٥٥ – ١٧٠٣) وقد جمع نتائج دراساته في مؤلف مشهور يدعى الميكوغرافيا، أو الكائنات الدقيقة. ويتضمن كل فصل فحص بعض الأشياء الصغيرة – بذرة، سن إبرة، قطعة فلين، خيط عنكبوت، وهكذا. وكان هوك أول من لاحظ أن مواد كالفلين تتكون مثلها مثل أقراص العسل من صناديق متناهية في الصغر أو خلايا كما نسميها الآن. وقد أثارت دراسات مالبيغي، وليبونهوك، وهوك اهتماماً عظيماً كما فعلت دراسات جاليليو قبل ذلك بخمسين عاماً تقريباً. وقد أظهرت العدسة في كلتا الحالتين للناس موادًا جديدة، فقد اكتشف جاليليو الأقطار الشاسعة التي تقع فيما ووراء هذه الأرض أما مستخدمو المجهر الأول فقد فتحوا ميداناً جديداً، ميدان الأشياء الصغيرة. وقد جعلت الأبحاث التي تمتت بعد لك من المجهر آلة أكثر قوة بدرجة بعيدة المدى. وحينئذ تمكن الناس من أن يعملوا الدور العظيم الذي تلعبه تلك الأشياء الدقيقة في الحياة البشرية.

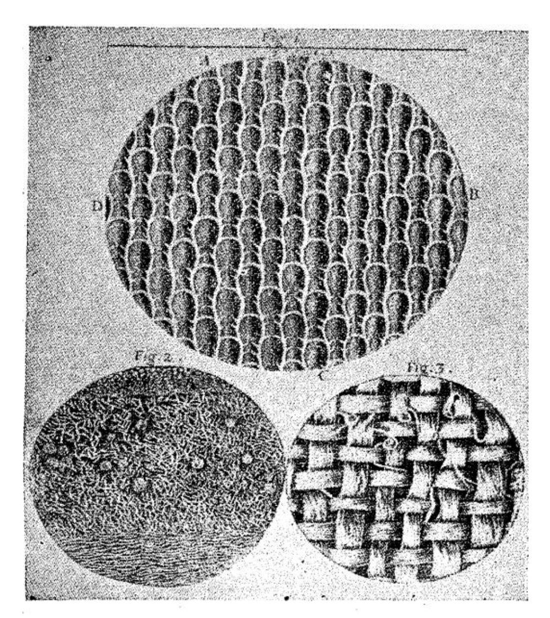
٤ – فيزياء الغلاف الجوي

إننا ننتقل الآن لميدان مختلف جداً من ميادين النشاط حيث انتزعت أسرار جديدة من الطبيعة بمجرد أن بدأ الناس يسلكون ميدان التجريب، بدلاً من تقبلهم آراء الماضي واعتبارهم سنداً يرجعون إليها. ويلم كل إنسان الآن بأن للهواء وزناً وضغطاً. ولكن هذه الحقائق لم تكن قد اكتشفت في أول القرن السابع عشر. وكان الناس مازالوا متأثرين بأرسطو الذي علمهم أن الطبيعة تكره الفراغ، وأن الهواء له خاصية الخفة الطبيعية بدلاً من خاصية النقل. وعلى الرغم من أن هذه الآراء سادت قروناً فإنها لم تمنع الناس من

استعمال الأجهزة الميكانيكية التي تعتمد بالفعل على ضغط الهواء. ومن أمثلة تلك الأجهزة المضخة الماصة الكابسة البسيطة التي مازالت تستعمل إلى اليوم في رفع الماء من الآبار. وقد لوحظ أنه لا يمكن رفع الماء من بئر شديد العمق إلى القمة إلا إلى ارتفاع يبلغ حوالي ثلاثة وثلاثين قدماً فقط.. وقد بدا أن هذا وضع حدا لمقت الطبيعة للفراغ. وأدت أبحاث تورشيلي (١٦٠٨ – ١٦٤٧) الفيلسوف الإيطالي الخاصة بهذه المشكلة إلى اختراع البارومتر.

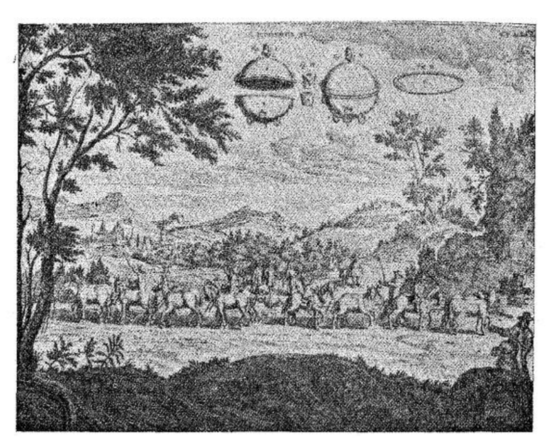
أدرك تورشيلي أنه من رفع الماء حوالي ثلاثة وثلاثين قدما في مضخة ماصة كابسة، وأنه ليس من غير المناسب إطلاقاً استخدام أنابيب بهذا الطول لذلك قرر إجراء تجاربه باستعمال الزئبق الذي تعادل كثافته كثافة الماء ثلاثة عشرة مرة تقريباً. وكان في استطاعته بذلك استخدام أنابيب يبلغ طولها واحداً على ثلاثة عشر من هذا الطول في تجاربه. أخذ أنبوبة زجاجية طولها أربعة أقدام تقريباً، وأغلق إحدى نهايتها، ثم ملأها زئبقاً، ووضع إصبعه فوق نهايتها المفتوحة ونكسها في حوض من زئبق، ثم سحب إصبعه حينما أصبحت النهاية المفتوحة منغمسة انغماساً تاماً تحت سطح الزئبق. لاحظ انسياب بعض الزئبق من الأنبوبة، وبقي عمود من الزئبق بلغ ارتفاعه ثلاثين بوصة تقريباً (شكل ١٦) واستنتج أن هناك فراغاً فوق الزئبق، وهو ما نسميه الآن: فراغ تورشيلي.. وأدرك أن عمود الزئبق ظل مرتفعاً إلى أعلى بسبب ضغط الهواء، وأن التغييرات التي تحدث في هذا العمود تدل على تغيرات في الضغط. وكان جهازه هذا هو في الحقيقة أول بارومتر.

لوحة رقم ٩

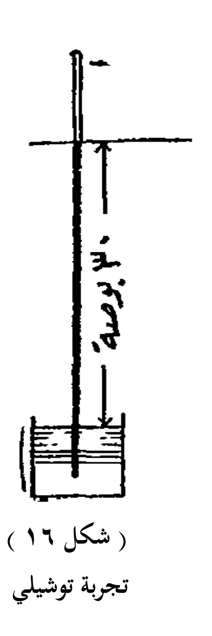


أشكال رسمها هوك لكائن حي كان عشباً بحرياً وورقة ورماد، وقطعة قماش تحت المجهر

لوحة رقم ١٠



صورة توضيحية لنصفي كرة ماجديبيرج. أتوفون يوضح تجربته أمام الإمبراطور فيردناند الثالث في ريجنسيبرج عام ١٦٥٤



(شكل ١٦)

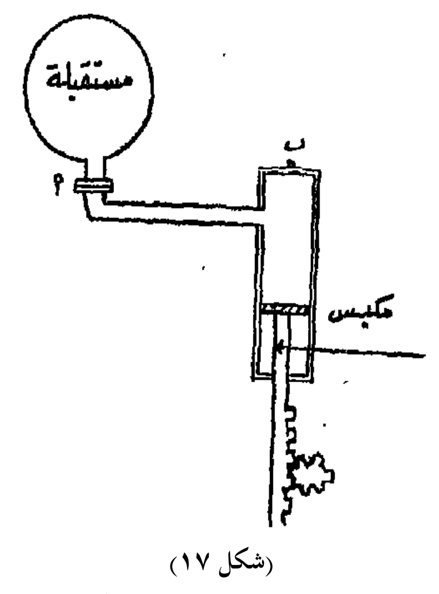
تجربة توشيلي

أما الخطوة التالية فقد اتخذها عالم الرياضيات والفيلسوف الفرنسي باسكال (١٦٢٣ – ١٦٦٢) الذي قام بتجربة مماثلة في مستويات مختلفة من الغلاف الجوي. لقد أجرى أول الأمر تجربة على قمة برج من أبراج الكنيسة، ولكنه لم يلاحظ إلا اختلافاً طفيفاً في ارتفاع الزئبق، وبعد ذلك اختار جبلاً لإجراء تجاربه بدلاً من برج الكنيسة. لقد نجحت التجربة هذه المرة إذ كان ارتفاع عمود الزئبق عند القمة أقل بكثير من ارتفاعه عند قاعدة الجبل. ونتيجة لذلك أثبت باسكال أن الضغط الجوي يقل كلما ارتفعنا إلى أعلى.

وفي أثناء ذلك كانت هناك تجارب تجرى في ألمانيا بواسطة أوتوفون جيريك (١٦٠٢ – ١٦٨٦). وقد أثارت تجاربه اهتماماً واسعاً واعتبرت كمعجزات. صنع جيريك أول مضخة هواء مجدية، تتكون من مكبس ومستقبلة. وبمساعداتها استنفد أكبر ما يمكن من الهواء من نصفي كرة

معدنيين قطرهما قدمين تقريباً ألصقهما ببعضهما البعض ليكونا كرة تامة. وقد التصق نصفا الكرة المعدنية سوياً التصاقاً تاماً بواسطة الضغط الجوي لدرجة أنه لم يكن في الاستطاعة فصلهما عن بعضهما البعض حتى حينما ربطت أربعة أزواج من الجياد في نصفي الكرة هذين واندفعت في اتجاهين متضادتين. وبهذه الطريقة الدرامية أثبت جيريك الضغط الجوي في ريجنسيرج سنة ١٦٥٤ أمام الإمبراطور والحشود المجتمعة (لوحة ١٠)

وأجريت الأبحاث المهمة التالية فيما يختص بالغلاف الجوي بواسطة روبرت بويل (١٦٢٧- ١٦٩١). لقد ولد بويل في أيرلندة وتعلم في أكسفورد ولندن واشتغل هناك. وهو شخصية فاضلة من شخصيات القرن السابع عشر، ويعود الفضل إليه في دراسات مهمة. لقد سمح عن النتائج التي وصل إليها جيريك، وصنع بمعاونة هوك الذي كان في ذلك الوقت مساعدة في أكسفورد مضخمة هوائية بعد أن أدخل تحسينات عليها (شكل ١٧) وبهذه المضخة أظهر بويل بوضوح أن للهواء وزناً. ونتيجة لذلك فهو شيء مادي. وقد استعمل مضخته في إجراء تجارب على صغار الحيوانات، وهكذا بين أن الهواء ضروري لوجود الحياة. واستطاع بويل بإدخاله أنبوبة بارومتر في مستقبله أن يبين مقدار التفريغ الذي أحدثته مضخته، وذلك بقياسه ارتفاع عمود الزئبق. وبذلك قدم دليلاً آخر ضد المعتقدات القديمة أن الطبيعة تمقت الفراغ، وأن الهواء لا وزن له.



(شكل ١٧)

أحد أنواع مضخات الهواء التي استعملها بويل، كان يفتح أولاً صنبور أو يغلق غطاء الفتحة ب، ثم يحرك المكبس إلى أسفل بواسطة تحريك مقبض، فيدخل الأسطوانة هواء قادم من المستقبلة. وبعد ذلك يغلق الصنبور ويفتح الغطاء ويحرك المكبس إلى أعلى فيندفع الهواء خارجاً من الفتحة ب. وبتكرار هذه العمليات عدة مرات يزداد استقبال الهواء من المستقبلة باطراد.

ومع ذلك فقد استمسك البعض بالآراء القديمة، إذا أكد أحد ناقدي بويل أن ضغط الهواء ليس في استطاعته رفع عمود الزئبق إلى علو ثلاثين بوصة. ولكن ارتفاع الزئبق إنما تم بواسطة خيوط غير منظورة يمكن أن يحسها المرء بإصبعه، وقد أدى دفاع بويل عن نظرياته ضد تلك الاعتراضات الخلوية إلى أبحاث أخرى متعلقة بالهواء. وجد أنه حينما يتضاعف الضغط الواقع على كمية معينة من الهواء فإن حجمه ينخفض إلى النصف، وحينما يتضاعف ثلاث مرات فإن حجمه ينخفض إلى الثلث، وهكذا. لقد وجد أن الحجم والضغط يتناسبان تناسباً عكسياً في درجة الحرارة الثابتة.

وهذه النتيجة المهمة المعروفة بقانون بويل يعرفها كل تلميذ وتلميذة في بدء دراسته المبادئ العلمية. وفي إمكاننا أن ندرك الدهشة التي استولت على الناس عندما علموا بأن الهواء الذي نتحرك خلاله بسهولة تامة، والذي تسبح خلاله الطيور بسرعة، يمكن أن تكون له مثل تلك القوة التي يبلغ ضغطها الكلي على الجسم البشري عشرة أطنان. ومع ذلك فإن الطرق التي كان يسلكها رجال العلم لم يفهمها الباحثون في ميادين أخرى، فقد دون بيبس مثلاً في مفكرته اليومية في ويم أول فبراير **١٦٦٣** كيف أن الناس اعتادوا أن يسخروا بدرجة كبيرة من الفلاسفة لإضاعة وقتهم في وزن الهواء، ولكن الفلاسفة كانوا يقضون وقتهم فيما هو مفيد. وكانت النتائج التي حققوها أساس دراسة الغازات التي جعلت من الممكن اختراع القاطرة البخارية، والتي دفعت بالناس قدماً في طريق كثير من الاستقصاءات المجدية.

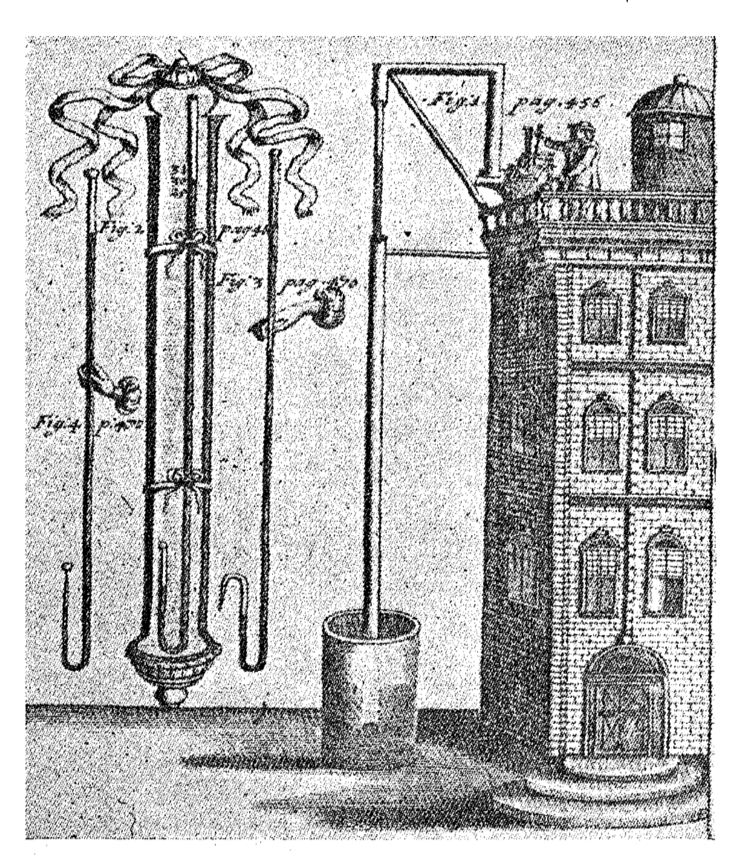
٥ مبادئ الكيمياء القائمة على أساس علمي

لقد رأينا كيف أوحت الأهداف التي كان يرمي إليها الكيمائيون القدامى ببعض الاستقصاء التجريبي عن تركيب المواد. وفي القرن السادس عشر وأوائل السابع عشر صرف كثير من الكيمائيين نظرهم عن محاولتهم تغيير المعادة العادية إلى ذهب، وأنفقوا وقتهم في تركيب الأدوية وتحضير عدد من الموارد الجديدة التي ظنوا أن لها قيمة طبية. وكان من الضروري تكرار المجالات. وكانت النتائج في الغالب نتائج فادحة الأثر إذ كانت تعطي سموما خطرة لمرضى سليمي البنية. وعلى الرغم من أن هناك كيمائيين من أوائل القرن السابع عشر قاموا بعمل تجريبي أكيد بعزلهم الغازات وقيامهم بقياسات محددة، فإن الغالبية كانت تعمل خبط عشواء بلا نظريات ثابتة تعمل خالية من التناقض تهديهم السبيل. وقبل هذا الوقت كانت نظرية الكبريت والزئبق

القديمة قد اتخذت صيغاً جديدة. لقد أصبح الناس يتحدثون عن المكونات الأساسية الثلاثة: الزئبق (النفس)، والكبريت (الروح) والملح (الجسد). وكانت مثل تلك الآراء سبباً في المزيد من الارتباك، إذ كان المفروض أن هناك أنواعاً عديدة من الزئبق والملح والمعدن الكبريت. ويختلف معدن كبريت الحديد عن معدن كبريت الرصاص أو الخشب. وكانت الألفاظ في الحقيقة تحمل معان عديدة مختلفة: فكان لفظ الزئبق يطلق على المعدن البراق والمألوف، وعلى العناصر المفروض أنها تكون المعادن جميعها، وعلى مبدأ الميوعة أيضاً. وفي مثل تلك الظروف لم يكن الكيمائيون في الحقيقة يدرون عما يتحدثون.

وكانت أول خطوة نحو تنظيم تلك الآراء المشوشة هي تحديد معنى بعض عبارات معينة والالتزام بهذا التحديد. والخطوة التالية هي تنظيم دراسة للخواص قائمة بأجمعها على أساس سليم من التجربة. وقد اتخذت كلتا هاتان الخطوتان بواسطة روبرت بويل. وكان عنوان كتابه العظيم عن الكيمياء المطبوع في لندن ١٩٦١: الكيمائي المرتاب، أو الشكوك والمتناقضات الكيمائية الفيزيائية المتعلقة بالتجارب التي اعتاد الكيمائيون القدامى القليلي العلم أن يحاولوا إثبات أن ملحهم وكبريتهم وزئبقهم هي المكونات الأساسية الحقيقة لجميع الأشياء (لوحة ١٢). وقد بين بويل في مؤلفه كيف تتهاوى حجج الكيمائيين القدامى حينما تفحص في ضوء التجربة والإدراك السليم. وبعد أن هدم بويل الحجج القديمة عن العناصر الأربعة والمكونات الأساسية الثلاثة أعطى مفهوماً واضحاً للعنصر، وبذلك وضع أسس علم الكيمياء الحديث.

لوحة رقم ١١



تجارب بويل بالبارومتر

على اليسار بارومترات من النوع ذي السحاحات، والأوسط منها محمل على منبئة طقسية، وعلى اليمين تصوير تجربة بويل في رفع الماء بواسطة المص، ويدير مساعد على السقف أحدى مضخات بويل الهوائية

لوحة رقم ١٢


Seminibus

CHYMISTA
SCEPTICUS
VEL
DUBIA
ET
PARADOXA
CHYMICO-PHYSICA
circa
Spagyricorum
Principia
Authore
ROB. BOYLE
Nobili Anglo

Rotterodami
Apud Arnoldum Leers
Anno 166

صفحة عنوان الطبعة اللاتينية لكتاب بويل "الكيميائي المرتاب" عام ١٦٦٨ تمثل الأشكال الصغيرة في كلا الجانبين العناصر الأولى القديمة: التراب والهواء والنار والماء والنسر ذو الرأسين في مجموعة الأشكال العليا للصفحة رمز عام استعمله الكيميائيون القدامى لتمثيل أكسير الحياة، والشمس والقمر هما الرمزان العامان اللذان استعملهما الكيميائيون القدامى للذهب والفضة.

وصاغ مؤلفه العظيم على هيئة أحاديث جرت على لسان شخصين: أحدهما يعتنق العقائد المشوشة لأنصار أرسطو كما يوضحها الكيمائيون القدامى، والآخر ألا وهو الكيمائي المرتاب يشك وينتقد مبيناً عدم صحة الحجج التي يدلي بها الأول، معبراً عن آراء بويل نفسه.

وبين بويل أن كثير من البراهين المزعومة التي تدل على أن المواد تتكون من العناصر الأربعة: التراب والهواء والنار والماء ليست براهين إطلاقاً

بل مجرد إيضاحات خاطئة. وعلى ذلك فقد اعتاد الناس أن يقولوا أن احتراق قطعة من خشب أخضر يبين أنها تتكون من العناصر الأربعة

(١) النار التي تظهر على شكل لهب

(٢) الماء الذي يغلي ويحدث حفيفاً في أطراف الخشب المحترق

(٣) الهواء الذي يرى كدخان يرتفع إلى قمة المدخنة

(٤) التراب الذي يتخلف على هيئة رماد.

وبعد ذلك تساءل بويل: أهناك دليل على وجود النار والتراب والهواء والماء في الخشب قبل احتراقه، وأي حق يخول لنا أن نزعم أن تلك العناصر هي بالفعل أبسط من الخشب ذاته؟

ثم يتساءل بويل إذا كان لدى الكيمائيين أي دليل حقيقي للزعيم بأن النار هي الأداة الصحيحة العالمية لتحليل الأجسام المركبة، ويصف بعد ذلك تجارب تدل بوضوح على أن المنتجات التي نحصل عليها بتسخين الخشب في إناء مقفل تختلف اختلافاً بينا عن المنتجات التي نحصل عليها من تسخينه في نار مكشوفة. ويقول لقد كان ينبغي على الكيمائيين أن يعلنوا بوضوح وتحديد أكثر أية درجة من درجات حرارة النار، وأية طريقة من طرق استعمالها تمكننا من أن نحكم أن انقساماً ما أحدثته النار إنما هو تحليل حقيقي.

ويشير بويل إلى المكونات الأساسية الثلاثة المزعومة التي افتراض الكيمائيون القدامى بقوله: أنه من المستحيل تقريب لأي شخص متزن أن يدرك معناها، كما هو مستحيل عليهم أن يهتدوا إلى إكسيرهم. ثم تحداهم

بأن يبينوا كيف يمكن استخلاص المكونات الأساسية المزعومة: الكبريت والملح والزئبق من الذهب حتى ولو سخن الذهب لدرجة حرارة عالية. ويصف كيف أن هذا ليس هو الحال مع الذهب فقط، بل أن كثيراً من المعادن لا تغيرها النار إطلاقاً، ويظل وزنها وهيئتها بعد التسخين هو نفس وزنها وهيئتها قبل التسخين.

ويرينا بويل أيضاً كيف أنه في الحالات التي من المؤكد أن يحدث التسخين فيها تغيرات واضحة في مادة من المواد كيف أن الناتج عن هذا يكون غالباً ذا طبيعة مركبة، ولذلك فمن الغباوة أن نفترض أن النار هي المحلل العام للأجسام المركبة.

ولم يبين لنا بويل فقط كيف يقاوم الذهب فعل النار، بل قدم أيضاً براهين مقنعة للقول بأنه عنصر. لقد بين مثلاً كيف يمكن تكوين سبائك منه بالاتحاد مع النحاس أو الفضة أو القصدير أو الرصاص، وكيف يمكن إذابته في الماء الملكي[1]، ويمكن استعادته بعد أمثال تلك التغييرات في حالته النقية مرة أخرى. وعلى ذلك ففقد أدى به هذا إلى إدراك مفهوم العنصر على أنه مادة نقية لا يمكن تحليليها إلى أبسط منها. ويقول: إنني أعني بالعناصر مواد معينة موجودة على حالتها الأولى، ومكونة من مادة واحدة وغير مختلطة إطلاقاً. ولكونها غير مكونة من أجسام أخرى أو بعضها البعض تتكون إطلاقاً. ولكونها غير مكونة من أجسام أخرى أو من بعضها البعض تتكون من أجزائها المكونة لها جميع تلك المواد التي نسميها مواد مختلطة بدرجة تامة. ويضيف بويل قائلاً: أنه لا مبرر لتحدد عدد العناصر بأربعة أو حتى خمسة أو ستة أو

---

(1) حمض النيتريك والهيدروكلوريك وهو يذيب الذهب والبلاتين. (المترجم)

أي عدد أكبر، ويقول متواضعاً: أنه قد يقوم باحثون أكثر مهارة منه بتجارب قد تؤدي بهم إلى اكتشاف طرق لتحليل الأجسام المركبة إلى عناصرها الأولية، وحتى إلى تحليل المواد التي تبدو له أنها عناصر. ولذلك فليس هناك شيء قطعي في تعريف بويل للعناصر. أن القطع بأن مادة معطاة هي عنصر أم لا يقوم طبقاً لرأيه على أساس تجريبي، ولذلك فرأيه بخصوص العنصر هو في جوهره نفس رأي الكيمائيين في الوقت الحاضر.

وفي اثنين من مؤلفات بويل الأخيرة، تجارب جديدة عن العلاقة بين اللهب والهواء (١٦٧٣) والشكوك التي تحوم حول الصفات الخفية في الهواء (١٦٧٤)، يرينا أنه كان يعلم صراحة أن الهواء مزيج مركب من عدة مواد، وأن كلا من التنفس والاحتراق يتوقف على وجود مادة معينة تستهلك في كل من العمليتين. ويثبت أيضاً وجود خصائص طبيعية معينة للهواء وللآثار التي تحدثها الحرارة على المواد المختلفة. وتتميز ببيانات بويل كلها في هذه المؤلفات كما في غيرها بالحذر والتحفظ. وربما كانت أكبر خدمة أداها للكيمياء هي إصراره أن عالم الطبيعة ليس بسيطاً ولكنه معقد بدرجة ساحقة. وأوضح أنه من الواجب علينا في دراسة الطبيعة أن نحذر الطريق السهل، ونستعد للشك ولإعادة الاختبار عن طريق التجربة لكل ما نعتقد أنه صحيح. ويتسم أمجد ما تم من أعمال القرن السابع عشر بهذه الروح، التي كانت أحد العوامل التي أدت إلى الإنجازات الفذة لتلك المدة.

٦ – فرانسيس بيكون والكشف العلمي

إن طريقة التجريب التي رأيناها تميز عمل كل من جيلبرت وهارفي وبويل وضحها فرانسيس بيكون (١٥٦١ – ١٦٢٦) توضيحاً أفاد العالم

كله. لقد وضع طريقة كاملة للبحث العلمي. ومن رأيه أن حدة الذكاء وقوته ليست ضرورية للبحث عن الحقيقة. إذ كل ما على الطالب أن يفعله هو أن يتبع الطريقة. ويخبرنا بيكون أنه إن فعل ذلك فإنه سيصادف نجاحاً، مثله في ذلك مثل رسام غير متمرن يمكنه رسم خط مستقيم أن تزود بمسطرة جيدة. ويجب على الطالب أن يبدأ بذهن مفتوح، ثم يأخذ في تجميع الحقائق، والأمثلة المعروفة كلها، كمجرد سرد دون أي تأمل سابق لأوانه.

أمن المستطاع الآن تجميع الحقائق دون تدبر سابق؟ إن كل قارئ للقصص البوليسية يعرف جيداً كيف يلزم ربط الأفكار المسلسلة بعضها ببعض بتخمينات أو فروض، وكيف أن فرضاً من فروض كتاب القصص البوليسية قد يؤدي إلى نظرية تامة وإلى اكتشاف مزيد من الحقائق، وإلى توضيح الغموض التام توضيحاً كاملاً. إذن فما العلم إلا دراسة منظمة للطبيعة. ومع ذلك فكلما كشف لغز من الغاز الطبيعة كلما ظهر هناك لغز آخر، وليس هناك من سبب لافتراض أنه سيحين الوقت الذي سيترك فيه رجل العلم دون أن يجد أمامه ألغازاً يلزمه حلها.

وقد نسي بيكون في توكيده لأهمية تجميع الحقائق، والحقائق فحسب أن الخيال يلعب دوره في إيجاد الفروض، وأن الكشف يستلزم في حقيقة الأمر قدرة على الفصل في الأمور. وأن اختيار الحقائق المشاهدة يتوقف على مقدار ما يعلمه المشاهد بالفعل. ونتيجة لذلك فإن عبارة «الحقائق كلها» عبارة لا معنى لها إذا أمعنا النظر في الأمر. وشيء آخر هو أن بيكون جعل الكشف العلمي أمراً هيناً بدرجة كبيرة. ولكن ما أوضحه ليس بطريقة الكشف إطلاقاً، ولكنه إيضاح يقوم به مشاهد ما بعد أن يكون العمل الشاق قد انتهى. وإنه لمن السهولة بمكان لبيكون أو لأي فرد آخر أن يبين خطوات قضية

استدلالية ويظن كيف أن حقيقة تتولد من أخرى، أن الصعوبة إنما هي انعدام الفكر بادئ الأمر.

وقد أعطت شهرة بيكون كرجل من رجال الأدب قوة لكلماته، وكان تأكيده لأهمية التجريب أمراً مفيداً. ومع ذلك فيجب أن نتذكر أنه ليست هناك قواعد للبحث العلمي. وأن القرار الفاصل الذي يؤدي إلى اختيار الحقائق المشاهدة يمكن اتخاذه فقط بواسطة عقل هو بالفعل على بصيرة تامة بميدان الحقائق التي تمت إلى الموضوع بصلة. وأن كشفاً يبدو لنا أنه صدفة سعيدة إنما يخطر فقط بذهن معد من قبل بواسطة المعرفة والنظام للتعرف على أهمية الأمور غير المتوقعة. ولقد قيل أن الصدف تحدث فقط لأولئك الذين يستحقونها. وهذا ما سوف نراه كلما واصلنا سرد قصتنا.

٧ ـ الأكاديميات العلمية

ولمساندة التقدم العلمي اقترح بيكون أن الواجب يحتم إقامة قصور للاختراع تقوم فيها أعداد من العلماء بأبحاثهم طبقاً للقواعد التي استنها. ومن الواجب أن يقوم بمهام معينة كيلا لا يكون هناك تشابك ما. ويجب أن تنسق النتائج بحيث يؤدي هذا بسرعة إلى عدم وجود شيء جديد في حاجة إلى الكشف.

ويبدو مثل هذا الاقتراح لأذاننا اليوم أمراً سخيفاً، ولكنه ينطوي تحت تلك المبالغة نصيحة قيمة لرجال العلم ليتعاونوا. والدليل على أن تعاليم بيكون وصلت إلى غالبية العالم بسرعة هو طوفان الكتب التي صدرت في منتصف القرن السابع عشر التي تعالج تقدم العلم. وقد وضعت خطط كثيرة لإنشاء كليات وأكاديميات طبقاً لآراء بيكون. وحتى ميلتون كتب عن ضرورة

وجود أكاديمية كبيرة لنشر العلم على نطاق واسع للجميع. ولكن هذه الخطط كان لا بد من إغفالها أثناء الحرب الأهلية. ومع ذلك ففي أثناء ذلك الوقت، وقت الشغب وإراقة الدماء، أخذت جماعات من الناس الذين ربط بينهم حب مشترك للعلم يعقدون اجتماعات لمناقشة المسائل الفلسفية، وبهذه الطريقة كونوا نواة الجمعية الملكية.

وتوجد قصة نشأة الجمعية الملكية والمناقشات غير الرسمية الأولى مدونة في مقال كتبه أحد الزملاء المؤسسين للجمعية إذ يقول: «أظن أن مكان نشأتها وتأسيسها كان في لندن حوالي عام ١٦٤٣ (إن لم يكن قبل ذلك) حينما كنت وآخرين نجتمع أسبوعياً.. حيث حرمنا (تجنباً للانحراف إلى محادثات أخرى ولبعض أسباب أخرى) كل المحادثات اللاهوتية والمحادثات الخاصة بأمور الدولة، والأخبار (غير ما يخص عملنا الفلسفي) قاصرين أنفسنا على الأبحاث الفلسفية والأمور التي لها صلة بذلك مثل الفيزياء والتشريع والهندسة والفلك والملاحة والميكانيكا والتجارب الطبيعية. لقد تباحثنا هناك في الدورة الدموية وصمامات الأوردة، والنظرية الكوبرنيكية، وطبيعة المذنبات، والنجوم الجديدة.. وإدخال تحسينات على التلسكوبات وصقل العدسات لهذا الغرض، ووزن الهواء، وإمكانية أو عدم إمكانية وجود الفراغات، ومقت الطبيعة لهذه الفراغات، وتجربة تورشيلي التي أجراها على الزئبق، وهبوط الأجسام الثقيلة ودرجات العجلة فيها، مع أمور أخرى مماثلة. وبعض هذه كانت في ذلك الوقت مجرد اكتشافات جديدة وبعضها لم تكن معروفة بشكل عام ومسلم بها كما هي الآن.

وكانت الاجتماعات تعقد بادئ الأمر في منزل في تشيبسايد. التحق روبرت بويل بالنادي بعد سنة من تأسيسه كأصغر عضو فيه ولكن الكلية

الفلسفية أو الكلية الخفية كما كان يسميها بويل سرعان ما اضطرت أن تفقد بعضاً من أعضائها البارزين جداً، إذ كان من أوائل التشريعات البرلمانية في الأيام الأولى للكومنولث تشريع يقضي بتطهير الجامعات. وقد أقيل بعض العمداء وعين بدلاً منهم رجال يطمأن إليهم أكثر. وبهذه الطريقة كان على الكثيرين أن يتركوا أكسفورد ويرحلوا إلى لندن. وعلاوة على ذلك فبالنسبة لترقية أحد الأعضاء البارزين ليكون عميداً للكلية وأنشأ في أكسفورد فرع جديد للكلية الخفية. وسرعان ما بدا كريستوفر رين (١٦٣٢ – ١٧٣٣) وهو رجل من رجال العلم ومهندس كنيسة سانت بول المعماري يحضر الاجتماعات. وحينما صار رين أستاذ الفلك في كلية جريشام في لندن، اعتاد الأعضاء أن يسافروا من أكسفورد ليستمعوا لمحاضراته الأسبوعية. وظلت فروع لندن، وأكسفورد قائمة حتى عودة الملكية على الرغم مما تخللها من فترات توقف.

وفي يوم ٢٨ نوفمبر ١٦٦٠ حدث اجتماع في كلية جريشام بعد إحدى محاضرات رين لمناقشة إنشاء كلية للنهوض بالعلم التجريبي الرياضي الفيزيائي، واتخذت فيه مجموعة من القرارات، ثم بدا أنه من المرغوب فيه أن تقوم الجمعية على أساس أكثر رسمية، وقدم التماس بتكوين جمعية للملك شارل الثاني. وصدر المرسوم في ١٥ من يوليو ١٦٦٢ الذي بمقتضاه ارتقى النادي المتواضع الذي كان يجتمع أسبوعياً للتشاور والتباحث في النهوض بالعلم التجريبي حتى أصبح الجمعية الملكية، وأعلن الملك نفسه المؤسس لها.

لقد أصبح تحصيل العلم تحت هذه الرعاية الملكية هو الأسلوب السائد، وانضم إلى الجمعية كثير من الوجهاء الذين لا عمل لهم مدفوعين إلى

ذلك بمجرد حب الاستطلاع، وكثيراً ما بلغ حماسهم درجة جعلتهم يندفعون في حكمهم. وعلى ذلك فبالإضافة إلى الأبحاث ذات القيمة العلمية كانت الاجتماعات كثيراً ما تشغل بمناقشة قصص سياح مقتضبة وأفكار خيالية جداً. وبهذه الطريقة كانت الجمعية الملكية مثار السخرية، وعلى الأخص من قلم سويفت[1] اللاذع. وبعد خمسين سنة تقريباً من تأسيس الجمعية كتب سويفت في أسفار جيلفر عن أكاديمية كان أساتذتها العلماء مشغولين باستخلاص أشعة الشمس من الخيار والقثاء ووضعها في قوارير لتستعمل فيما بعد، وبعضهم كان يحاول تحويل الثلج إلى بارود، وبعضهم يحاول بناء بيوت مبتدئين من الأسقف نازلين إلى أسفل منتهين بالأسس.

ولم يكن سويفت هو الصائد الوحيد للأخطاء، فقد خشي الكثيرون أن تكون التجارب الجديدة ذات أثر ضار بالدين معطلة للتعليم. ولكننا لسنا في حاجة إلى أن نناقش المعارضة التي لقيتها الجمعية في أيامها الأولى، إذ ينتقد باستمرار كل ما هو جديد من الدنيا التي تذهلها الدهشة. وسرعان ما تبينت القيمة الحقيقية للجمعية الملكية في العمل الجماعي لأعضائها، وفي الطريقة التي شجعت بها رجال العلم القادمين من القارة الأوربية، وبخدماتها في كثير من مطالب الحياة اليومية.

وعلى ذلك ففي خلال سنين قلائل من تأسيس الجمعية قامت بأبحاث عن الغازات التي تنساب أثناء استخراج الفحم من المناجم. ونتيجة لذلك قلت مخاطر الموت لعمال المناجم بدرجة كبيرة. وكذلك بحثت في

---

(1) أديب انجليزي (١٦٦٧ – ١٧٤٥) اشتهر بهجاءاته اللاذعة، وقصائده القوية، وأحاديثه. ومن أشهر مؤلفاته أسفار جليفر، ومعركة الكتب، وحديث خرافة (المترجم)

اجتماعات الجمعية مشاكل المناجم المغمورة، ومن المناقشات التي دارت تكونت التصميمات الأولى لآلة ضخ بخارية ذات أثر فعال.

وكذلك نشرت الجمعية أبحاثاً مهمة عن حركة المد والجزر، وهو موضوع ذو أهمية كبيرة، وذلك لأن السفن التي كانت تحمل شحنات كبيرة كان في استطاعتها دخول موانينا فقط عند ارتفاع المد. ولذلك كان من الضروري معرفة أوقات تغيرات المد والجزر اليومية لصالح التجارة. وكانت هناك مشكلة أخرى من مشاكل الملاحة، ألا وهي مشكلة معرفة خط الطول. ولمعرفة هذا كان الناس في حاجة إلى وسيلة دقيقة لمعرفة الوقت. ولم تعرف الساعات الموثوق بها، الكرونومترات، إلا بعد ذلك بمائة عام. ومع ذلك فقد قامت الجمعية الملكية بأعمال قيمة كثيرة في تمهيد الطريق لقياس دقيق للوقت، وكان الفضل في اختراع ساعة البندول راجعاً إلى عضو هولندي يدعى كريستان هيجينز (١٦٢٩ – ١٦٩٥).

ويعتبر إنشاء الجمعية حدثاً على أكبر جانب من الأهمية في تاريخ العلم. إن اجتماعات الزملاء جمعت بين الباحثين في مختلف الميادين، وكان تبادل الآراء في حد ذاته ذا قيمة لتقدم العلم. وظهرت النشرة الرسمية في الجمعية الملكية، المقررات الفلسفية، لأول مرة ١٦٦٥. وسرعان ما در بيع المجلدات للزملاء والجمهور ربحاً طيباً. وكان توزيع نشرة المقررات ذا أهمية كبيرة للعلم في إنجلترا والخارج. وقامت المراسلات الخارجية الرسمية بما يمكننا أن نسميه بعملية الأعلام الخاصة بالجمعية الجديدة. وقد منح أناس ممتازون من القارة درجة الزمالة، ونشرت مؤلفاتهم بواسطة الجمعية الملكية، وبهذه الطريقة وقف العالم على أبحاث مالبيغي وليبونهوك.

وقد أنشئت أكاديميات علمية متنوعة في القارة أثناء الفترة التي نحن بصددها، ولم يحل عام ١٦٠٣ حتى كانت قد أنشئت في روما أكاديمية الأوس[1] وأوقفت هذه الجمعية اجتماعاتها بعد إدانة جاليليو أشهر أعضائها، وأعيد تكوينها بعد ذلك. وأسس تلامذة جاليليو في فلورنس أكاديمية دل شيمنتو المشهورة (١٦٦٧) وفي سنة ١٦٦٤ أسست أكاديمية نيرنبرج. وفي فرنسا ألف العلماء جمعية سرية لمناقشة المسائل الفلسفية. ومن هذا البدء البسيط نشأت أكاديمية العلوم التي أنشئت رسمياً سنة ١٦٦٦ (لوحة ١٣). وقد أبقت الأكاديميات العلمية في القارة العلم حيا وسط التدميرات التي سببتها حرب الثلاثين عاماً حينما اجتاحت ألمانيا الجيوش الإسبانية والنمساوية والفرنسية والسويدية، في الوقت الذي دمرت الجامعات فيه كما دمر كل شيء آخر. وفضلاً عما أدته الأكاديميات من خير خلال السنين الأولى من إنشائها، فإنها تعد مبدأ ذلك التعاون بين رجال العلم من مختلف الأمم الذي أقام الصرح الهائل للعلم الحديث.

() [1]حيوان يشبه الأسد (المترجم)

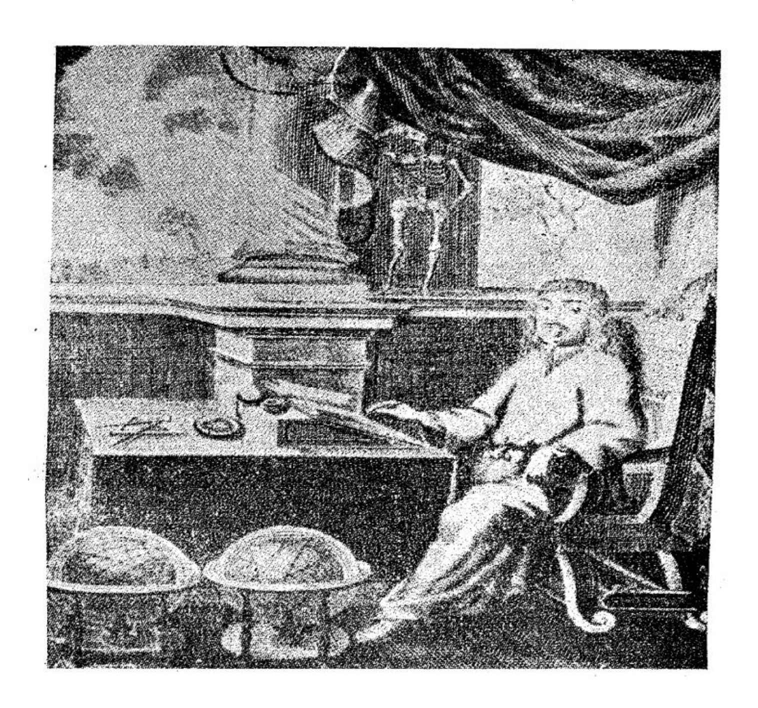
لوحة رقم ١٣



أقدم صورة لاجتماع جمعية العلماء

عقد الاجتماع في أكاديمية العلوم في فرساي عام ١٦٧١. ويمكن أن ترى في الصورة مضخة الهواء التي اخترعت حديثاً بواسطة بويل، ومجهراً ذا ثلاث قوائم، وتلسكوبا، وعاكساً مقعراً. وعينات تشريحية، وأجهزة كيماوية

لوحة رقم ١٤



ديكارت على مكتبة

صورة غلاف مجموعة رسائل ديكارت (فرانكفورت عام ١٦٩٢)

الفصل الخامس

عصر نيوتن

١- طرق رياضية جديدة

حينما بدا كيبلر، وجاليليو عملهما كان ينقصهما كثير من الطرق الموفرة للوقت التي تبسط حساباتنا اليوم. فعلى الرغم مثلاً من أن الأعداد العربية كانت قد حلت من زمن طويل محل الأعداد الرومانية المعقدة، فإن عمليتي الضرب والقسمة كانتا عمليتين مملتين. وانخفض الوقت الذي كانت تستلزمه الحسابات انخفاضاً كبيراً بفضل استعمال اللوغاريتمات. وكان الفضل في استعمال اللوغاريتمات يرجع إلى عالم رياضيات اسكتلندي هو جون نابير (١٥٥٠ – ١٦١٧). وقد صارت النتائج التي وصل إليها وكذلك جداول اللوغاريتمات الأولى معروفة للعالم من ١٦١٤. وسرعان ما بسطت اللوغاريتمات بعد ذلك الاستعمال العملي بواسطة هنري بريجز (١٥٦١ – ١٦٣٠) الذي كان يعمل بالتعاون مع نابير. ومع الممتع أن نلاحظ أنه على الرغم من أن كيبلر كان يقضي ساعات عديدة مضنية في حسابات شاقة في سنيه الأولى، إلا أنه استعمل اللوغاريتمات في مؤلفه الذي نشر عام ١٦٢٠ والذي أهداه لنابير. وعلاوة على ذلك فقبل موت كيبلر بأربع سنوات شرح طرق نابير في رسالة له أقبل الناس على قراءتها في ألمانيا، وبهذه الطريقة ساعدت على ذيوع طرق الحساب الجديدة في القارة.

وعلى الرغم من أن المبادئ التي سار عليها نابير كانت تتطلب معرفة تامة بالرياضيات فقد كان من الممكن لأي شخص ذي أدراك بسيط أن يستعمل اللوغاريتمات. ولذلك لا تعترينا الدهشة أن وجدنا أن اللوغاريتمات سرعان ما استعملت في عمل أداة نافعة هي الأداة المعروفة بالمسطرة الحاسبة التي يمكن قراءة العمليات الحسابية عليها دون إجراء عملياتها[1] وزيادة على ذلك بدأ استعمال العلامات العشرية حوالي الوقت الذي استعملت اللوغاريتمات فيه. ولذلك فقد كان في حوزة العلماء كل الوسائل الدقيقة لتوضيح النتائج التي كانوا يصلون إليها، وطريقة سريعة لاستخراج النتائج الحسابية. وشاع استعمال الرموز الجبرية، والإلمام بالمعادلات في السنين الأولى من القرن السابع عشر، وكانت هندسة أقليدس مستعملة من زمن طويل، ولكن النتائج كان يعبر عنها بعبارات مسهبة، ولذلك فقد حدث تقدم عظيم حينما استعملت الطرق الجبرية في الهندسة لأول مرة بواسطة الفيلسوف الفرنسي ديكارت (١٥٩٦ – ١٦٥٠).

وقد استخدم ديكارت (انظر لوحة ١٤) طريقة بمقتضاها يثبت موضع نقطة في مستوى حينما تكون أبعادها من خطين أو محورين معروفة وتسمى هذه الأبعاد إحداثيات النقطة، ويعبر عنها عادة بحرفي س، ص. وكانت هذه الطريقة تطبيقاً لنظام تحدي موقع النقطة على كرة بواسطة دوائر الطول والعرض، وهي طريقة كانت معروفة منذ القدم. ولكن الذي استجد في معالجة ديكارت للمسألة هي إدراكه أن العلاقة بين إحداثيات جميع النقط الموجودة على قوس يمكن التعبير عنها بمعادلة جبرية بسيطة مقتضية. وعلى ذلك فإن الدائرة التي نصف قطرها خمس وحدات ومركزها في نقطة تلاقي المحورين

---

(١) المسطرة الحاسبة مألوفة لنا في المصانع والمصارف.

يمكن تمثيلها بالمعادلة س٢ + ص٢ = ٢٥. وكذلك فإن الخط المستقيم الذي يكون إحداثي أي نقطة عليه هو دائماً ثلاثة أمثال الإحداثي الآخر يعبر عنه بمعادلة س = ٣ ص أو ص = ٣ س.

وبهذه الطريقة صور ديكارت المنحنى على أنه نتيجة لنقطة تتحرك تستوفي شروط معينة يمكن أن يعبر عنها بواسطة معادلة جبرية. وعلى العكس صور المعادلة على أنها طريقة سليمة للتعبير عن خصائص المنحنى. وعلى العكس صور المعادلة على أنها طريقة سليمة للتعبير عن خصائص المنحنى. وكان هذا الاستعمال للجبر في الهندسة سلاحاً قوياً في يد رجل الرياضيات، إذ مكنه هذا من معالجة وحل مسائل كانت من قبل مستعصية عليه. وعلاوة على ذلك فإن طريقة الإحداثيات التي من شأنها أن ترى العين بسهولة العلاقة بين الكميات المتغيرة قد طبقت كثيراً في حياتنا اليوم في الطب، والإحصاءات، وشئون التأمين، وأسعار الفائدة، وفي العمل اليومي الترتيب للمشتغلين بالعلم والمهندسين العمليين وصانعي السفن كذلك.

وباعتبار الخطوط والمنحنيات رسوماً يمكن تتبعها بواسطة نقط متحركة تستوفي الشروط المبينة في المعادلات أدخل ديكارت فكرة الحركة إلى الهندسة. وتوسع بعد ذلك في فكرة النقط المتحركة حتى شملت السطوح التي تتكون من سطور متحركة، والأجسام الصلبة المكونة بواسطة دوران الأشكال الهندسية. وظهرت للوجود طريقة حسابية جديدة، حينما بذل رجال الرياضيات جهدهم لحل أمثال تلك المشاكل. وتعرف هذه الطريقة «بالتفاضل». وكان الفضل الأكبر في ابتكارها يرجع إلى نيوتن (١٦٤٢ – ١٧٢٧)، والفيلسوف الألماني والكاتب السياسي «ليبتنز» (١٦٤٦ – ١٧١٦).

والتفاضل كما يدل عليه معناه هو طريقة حسابية، وهو كذلك نوع من الاختزال. إنه يهيئ لنا وسيلة حل عدد هائل من مسائل الهندسة والميكانيكا التي تتعلق بالكميات المتغيرة باستمرار. وحينما تكون هناك كميتان مرتبطتان ببعضهما البعض، بحيث أن تغيرا في أحداهما يحدث تغيراً في الأخرى، فإن كل كمية يقال إنها دالة الأخرى، وعلى ذلك فإن حجم الكرة هو دالة نصف قطرها، وذلك لأنها تتناسب مع مكعب نصف القطر. والمسافة التي يقطعها الجسم الساقط دالة الوقت الذي يأخذه في السقوط، وذلك لأنها تتناسب مع مربع الوقت. وكذلك فحينما يملأ المطر برميل ماء كبير تدريجياً، نستطيع بواسطة التفاضل إذا شئنا أن نجد عمق الماء في أية لحظة معينة. وعلى العموم فإن التفاضل يهيئ لنا وسيلة اكتشاف كيفية تغير الدالة بتغير الكمية التي تتوقف عليها. وما هذه إلا إحدى أنواع المسائل العديدة التي يمكننا التفاضل من حلها.

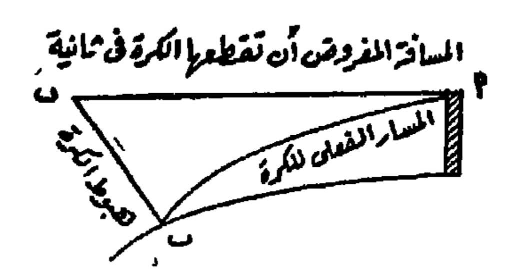
وقد احتدم جدل كثير حول مسألة ابتكار التفاضل. وقف فلاسفة القارة في صف ليبنتز، ووقف الإنجليز في صف نيوتن. ومما يؤسف له أن مثل تلك المنازعات نشأت في اللحظة التي بدأ فيها رجال العلم في جميع أنحاء أوربا يتعلمون العمل سوياً. ومن المظنون أن كلاً من نيوتن، وليبنتز وصلا إلى آرائهما كلا على حدة، وأن نيوتن كان هو الأسبق في هذا الميدان، وعلى الرغم من ذلك فقد نشرت النتائج التي وصل إليها بعد نشر نتائج ليبنتز. وقد تطلبت طريقة الرياضيات الجديدة لغة جديدة ورموزاً عدية جديدة. وكانت رموز ليبنتز أدق وأسهل من رموز نيوتن، وهي في الحقيقة الرموز التي نستعملها الآن.

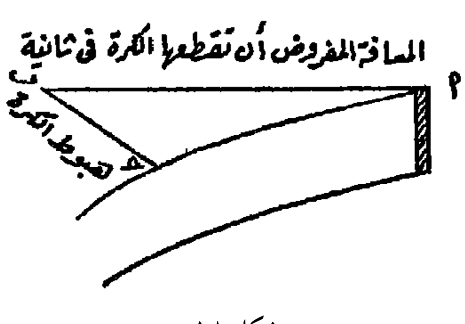
٢ مشكلة الجاذبية

لم يأت القرن السابع عشر بطرق رياضية جديدة فحسب، ولكنه أتى أيضاً بتوضيح مشكلة متوغلة في القدم، ألا وهي مشكلة الجاذبية. وتتبعاً لآراء أرسطو تحدث الناس كثيراً ولأزمان طويلة عن مواد ذات ميل طبيعي للتحرك إلى أسفل صوب مركز الأرض، وعن مواد خفيفة بميل طبيعي للتحرك إلى أعلى صوب السماء. وقيل أن مواد المجموعة الأولى كانت تسقط بسبب ثقلها، وأن المواد الأخرى ترتفع بسبب خفتها. ولكن لم يكن هذا سوى وصف ما يشاهده الإنسان بألفاظ متباينة. وبقيت المشكلة كما كانت من قبل. وقد خطا جاليليو الخطوة الأولى في معالجة مشكلة الجاذبية حينما اكتشف كيف تسقط الأجسام أي طبقاً لأي قانون رياضي تزداد سرعة الجسم أثناء سقوطه. وخطا جاليليو أيضاً الخطوة الثانية حينما تحقق أن الأجسام المتحركة إذا تركت لنفسها تستمر في الحركة إلى الأبد في خط مستقيم إن لم تؤثر عليه قوة ما. وفي حالة قذف أي شيء في الهواء فقط أوضح أنه «يهبط» مسافة معينة كل ثانية مثله في ذلك مثل أي جسم آخر هابط، وأن مسيره النهائي يتوقف على سرعته الأصلية واتجاه القذف به ومقدار هبوطه في الثانية.

والآن دعنا نطبق مبادئ جاليليو على حالة كرة كريكيت قذفت أفقياً من فوق قمة تل (شكل ١٨) وبمجرد أن تصبح الكرة حرة الحركة تبدأ في الهبوط. ونعرف من مقاييس سرعة سقوط الأجسام أن الجسم الساقط، إذا تغاضينا عن المقاومة البسيطة التي يتسبب فيها الهواء يكون قد هبط في نهاية الثانية الأولى ١٦ قدماً عما كان عليه عند نقطة بدء تحركه. وعلى فرض أن أ ب هي المسافة التي تكون الكرة قد قطعتها في الثانية الأولى لو لم يكن

هناك جذب لها صوب الأرض. وإذا افتراضنا أن المسافة ب ١ = ١٦ قدماً، ففي هذه الحالة تصطدم الكرة فعلاً بالأرض عند أ ب، ويوضح الخط المنقط مسارها (شكل ١٨).



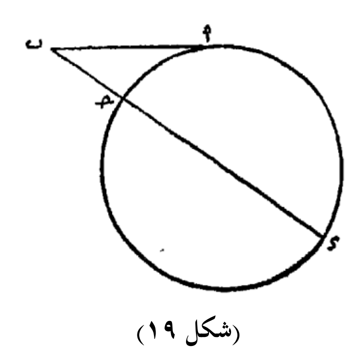


(شكل ١٨)
جذب الأرض لكرة الكريكيت

ولنفترض الآن أن الكرة قذفت بسرعة عظيمة بدرجة أنه بعد هبوطها ١٦ قدماً في الثانية الأولى تكون في نقطة ح، وهي نقطة ترتفع عند سطح الأرض قدر ارتفاع أ. وحينئذ تستمر في سيرها في الثانية كما لو أنها كانت قد قذفت من ح بنفس السرعة الأولى، وهكذا.

ونتيجة لذلك فإن كرتنا للكريكيت تستمر في دورانها حول الأرض دون أن تصطدم بها إطلاقاً. وحسبه بسيطة (شكل ١٩) ترينا أن سرعة الكرة يجب

في هذه الحالة أن تكون حوالي ٤،٩ ميل في الثانية، أو قدر سرعة القطار السريع بثلاثمائة مرة.



(شكل ١٩)

حساب سرعة كرة كريكيت دائرة حول الأرض ب أ٢ = ب جـ × ب د (هندسياً) ب جـ = ١٦ قدما. ويمكن اعتبار ب د يساوي قطر الأرض تقريباً. ومن ذلك نجد أن المسافة التي تقطعها الكرة في الثانية هي ٤،٩ ميلاً

ونحن نعلم الآن أن قمرنا مستمرفي دورانه حول الأرض، ويأخذ حوالي ثمانية وعشرين يوماً في دورته. ونعلم أيضاً أن أرضنا وغيرها من الكوكب تدور باستمرار حول الشمس. ألا يبدو محتملاً أن الأرض تجذب القمر، وبذلك تجعله يتحرك دائراً حوله، ومن المحتمل أيضاً أن الشمس تجذب الأرض والكواكب الأخرى. إن مثل هذه الإمكانيات تدور بخلد الشاب استحق نيوتن في عزلته في بيته في لنكولنشير، بينما كان الوباء الكبير يكتسح لندن. وقد أرسل نيوتن من كامبردج من غيره من الطلاب إلى بلادهم خوفاً من اندلا ع المرض. وعلى ذلك كانت لديه فترة من فراغ فرضت عليه. وفي أثناء تلك الفترة الهادئة من الفراغ عالج مسائل ربما كانت أعظم المسائل أثراً في تاريخ العلم كله.

٣ محاولة نيوتن الأولى لحل المشكلة[١]

بينما كان نيوتن في كامبردج مازال شاباً صغير السن. قرأ كتابات جاليليو وأعجب بها. وكان على إلمام بهندسة ديكارت. وكان بالفعل قد استنتج جزئياً طرق التفاضل التي أطلق عليها طريقة الفروق ولذلك كان رأسه زاخراً حينما ابتدأ يفكر – كما يخبرنا – في الجاذبية التي تمتد إلى فلك القمر. وسرعان ما وضع هذه الفكرة موضع الاختبار الحسابي.

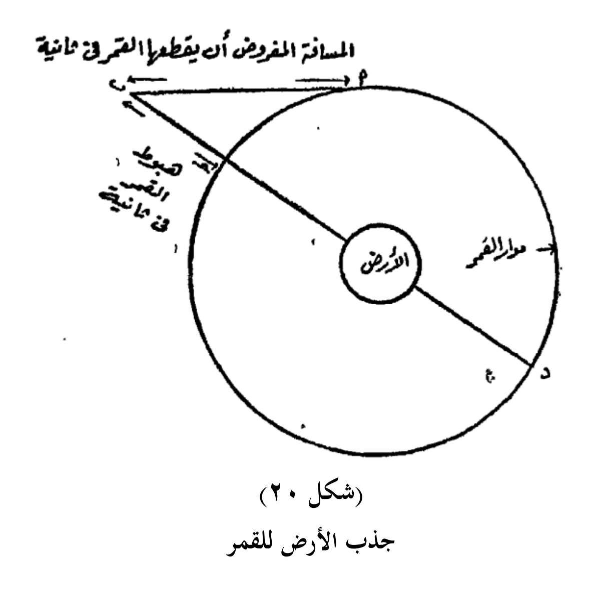
ويبلغ بعد القمر عن الأرض ٢٣٨٨٥٧ ميلاً أو قدر نصف قطر الأرض ستين مرة تقريباً. ويدور القمر دوره حول الأرض في حوالي ٢٨ يوماً. وعلى ذلك فمن الممكن حساب سرعة القمر بسهولة. وإذا ناقشنا المسألة كما فعلنا قبلاً أمكننا أن نجد المسافة الواجب اجتذاب القمر إليها لإخراجه عن خطه المستقيم وجعله يتحرك في دائرة مثله بالضبط كمثل كرة الكريكيت التي افترضناها. وعلى ذلك نجد أن القمر لا بد أن يهبط ٤٤٠٠ر قدماً في الثانية الأولى (شكل ٢٠) وهذا أقل بدرجة كبيرة من الـ ١٦ قدماً في حالة كرة الكريكيت، وهذا ما يجب أن نتوقعه حيث أن القمر أبعد عن الأرض بعداً شاسعاً جسداً، إذا قورن بكرة الكريكيت. وتكون النسب كالآتي:

$$\frac{16}{0044\text{ر}} = {}^{3}60 = \frac{(\text{نصف قطر مدار القمر حول الأرض})^{2}}{(\text{نصف قطر الأرض})^{2}}$$

$$\frac{\text{سرعة الهبوط على سطح الأرض}}{\text{سرعة الهبوط على سطح القمر}} = \frac{(\text{نصف قطر مدار القمر})^{2}}{(\text{نصف قطر الأرض})^{2}}$$

---

[١] يعني بذلك مشكلة الجاذبية (المترجم)



(شكل ٢٠)
جذب الأرض للقمر

بما أن ب أ٢ = ب جـ × ب د ففي استطاعتنا أن نحسب هبوط القمر في ثانية ب جـ الذي يساوي ٠٠٤٤ قدماً وعلى ذلك فإن قوة الجذب تنقص كلما زاد مربع المسافة، أو بمعنى آخر نقل قوة الجذب متناسبة في ذلك تناسباً عكسياً مع مربع المسافة.

وحينما أجرى نيوتن تجاربه مستخدماً هذه التقديرات أول الأمر، لم تكن التقديرات الميسورة لنصف قطر الأرض ولبعد القمر دقيقة. ونتيجة لذلك لم يجد التطابق التام الذي بيناه آنفاً. وفوق ذلك أدرك أن هناك صعوبة كبيرة في تطبيق مثل تلك الاعتبارات على حالة الأرض والقمر. وعلى الرغم من أن الأرض هائلة إذا قورنت بحجر، إلا أن نيوتن شك في أن لديه ما يبرر معالجته للأرض كنقطة في وسط فلك القمر، وأن القمر كنقطة تدور حولها. ونتيجة لذلك صرف نيوتن النظر عن تقديراته، وأرجأ المشكلة. ووجه عنايته بضع سنين لدراسة الضوء. وكانت أبحاثه في هذا الموضوع كافية بمفردها أن تضعه في الصف الأول من رجال العلم.

٤ نظرية نيوتن في الجاذبية

بعد أن بدأ نيوتن معالجته لمشكلة الجاذبية توصل رجل أرصاد فرنسي إلى تقدير جديد لنصف قطر الأرض، وأعلن نتائجه في اجتماع للجمعية الملكية. عندئذ فتش نيوتن عن مذكراته القديمة وأخرجها. وبتطبيق هذا التقدير الجديد وجد تطابقاً أفضل بكثير عن ذي قبل، ولكنه لم ينشر ما وصل إليه من نتائج، إذ كان لا يزال غير مقتنع، لأن نظريته لم تكن قد تكاملت أركانها تماماً. وعلاوة على ذلك فلم تكن لديه الرغبة في جعل هذه النتائج معروفة للعالم، إذ أن آراءه في علم البصريات قد أدخلته في مناقشات غير سارة، وكان نيوتن رجلاً هادئاً مسالماً تسبب له الخلافات البسيطة آلاماً حادة.

ومع ذلك فلم يستطع إخفاء النتائج التي وصل إليها في الجاذبية زمناً طويلاً، إذ بدأت المشكلة تناقش من جميع الجوانب. ففي عام **١٦٧٣** ظهر مؤلف مهم لعالم هولندي، كريستيان هيجينز. ووصل هيجينز غير ما وصل إليه من نتائج مهمة أخرى إلى النتيجة المشهورة اليوم، وهي أنه إذا تحرك جسم في دائرة نصف قطرها نق بسرعة ع، فإن التغير في السرعة في اتجاه المركز في كل ثانية أو ما يسمى بالعجلة هي $\frac{\text{ع}^{2}}{\text{نق}}$

وبما أن أفلاك الكواكب بيضاوية لا تختلف إلا اختلافاً بسيطاً عن الدائرة فبتغريب مبدئي احتسب هيجينز وآخرون مدارات الكواكب الدوائر، وأثبت أن هذه النتيجة الأخيرة يربطها بقانون كيبلر الثالث يتكون منها قانون

القوة الذي يجعل الكواكب تتحرك طبقاً لقانون التربيع العكسي[1] ولكن بما أن الدائرة هي نوع معين من الشكل البيضاوي، فإن هيجينز وغيره من الزملاء في الجمعية الملكية بدءوا يتساءلون إذا كان قانون التربيع العكسي المستمد من قانون كيبلر الثالث يمكن أن يتماشى مع قانونه الأول القاتل بأن مدارات الكواكب بيضاوية الشكل. وقد بدا أن الصعوبات الرياضية كانت صعوبات لا يمكن التغلب عليها، ولذلك اتصلوا بنيوتن يسألونه رأيه في الموضوع. وحينما سئل: أي مسار يتخذه جسم حينما يجذبه جسم ضخم بقوة يتناسب تناقصها تناسباً عكسياً مع مربع المسافة أجاب على الفور أنها تتخذ مساراً بيضاوياً، لقد كان قد توصل إلى حل للمشكلة قبل ذلك بعامين، ولكنه لم يستطع في تلك اللحظة العثور على مذكراته. ولكنه سرعان ما جمع كل عملياته الرياضية السابقة ونجح في إكمال نظريته كلها.

وعالج نيوتن أولاً المشكلة العامة، ألا وهي مشكلة اجتذاب جسم ضخم آخر، وبرهن على أن كرة ضخمة تجذب كرة أخرى، كما لو كانت الكتلة بأجمعها مركزة في المركز. وكانت هذه نتيجة ذات أهمية بالغة. ومكنه هذا من معالجة مشاكل الشمس والقمر والأرض كمشاكل هندسية وذلك لأن كتل تلك الأجرام يمكن أن تعالج كما لو كانت متركزة في نقطة. وعلى ذلك فقد اعتقد أخيراً في صواب طريقة معالجة مشكلة الأرض والقمر، تلك الطريقة التي استعملها أول الأمر. وكان برهان قانون تربيعة العكس قد تم في

---

(1) عجلة المركز $= \frac{\text{ع}^2}{\text{نق}}$ أي $\frac{\text{المربع السرعة}}{\text{نصف القطر}}$ **زمن الدورة** $= \frac{2\,\text{ط نق}}{\text{ع}}$ أي $\frac{\text{محيطة الدائرة}}{\text{السرعة}}$

مربع الزمن (ن٢) = ثابت × نق ٣ أو (قانون كيبلر الثالث)

$\therefore \frac{4\,\text{ط}^2\,\text{نق}^2}{\text{ع}^2}$ ثابت $\times$ نق^3 أو $\frac{\text{ع}^2}{\text{نق}} = \frac{4\,\text{ط}^2}{\text{ثابت}\times\text{نق}^2}$ **وبما أن ثابت ع٢، و ط كلاهما كميتان ثابتتان، فإن عجلة المركز تتناسب تناسباً عكسياً مع مربع المسافة.**

ذلك الوقت. وعلى ذلك فقد أثبت أن قوة الجذب الأرضية تمتد إلى القمر وتجعله يدور حولها، وأن قوة الجذب هذه تسير وفقاً لنفس القانون الذي يسري على حالة حجر ساقطة إلى الأرض.

وبين نيوتن بعد ذلك أن قانون التربيع العكسي لا يمثل قانون كيبلر الثالث فحسب، بل يمثل أيضاً قانونية الأولين كذلك. وعلى ذلك فإنه لم يجمع نتائج كيبلر الثلاث فحسب، بل امتدت نظرية جاذبية لحركات الكواكب حول الشمس، ولذلك فإن نظام المجموعة الشمسية كله قد أخضع لسيطرة هذا القانون الذي يقرر أن كل جسم يجذب أي جسم آخر بقوة تتناسب عكسياً مع مربع المسافة بينهما، وهذه الحقيقة هي جزء من قانون نيوتن الخاص بالجاذبية الذي نشره على العالم من جميع نتائجه الأخرى في سفر طبع عام ١٦٨٧[١].

وهكذا ربط قانون نيوتن، قانون التربيع العكسي، بين سلوك الكواكب وسلوك الأجسام الموجودة على الأرض في معادل رياضية بسيطة. إنه جمع بين قوانين كيبلر والمبادئ التي تضمنتها تعاليم جاليليو. وعلى ذلك فإذا شبهنا دراسة الطبيعة بحل لغز صور مقطوعة لا نهاية لها، يمكننا أن نقول أن كيبلر جمع بعض القطع سوياً في جزء من النموذج، وضم نيوتن قطعاً أخرى إليه، وضمها أيضاً إلى أجزاء الألغاز التي حلت من قبل بواسطة كيبلر وجاليليو وآخرين، مما جعلها تبدو صورة بسيطة جميلة. وعلى ذلك فقد كان نيوتن العظيم هو أول «ضم عظيم» أو توليف للعلم الطبيعي. ولذلك كانت خدماته للعالم خدمات فريدة. وقد ظلت النتائج التي وصل إليها غير منازع فيها حتى قرننا الحالي.

---

(١) لمبادئ الرياضية لفلسفة الطبيعة. لندن. ١٦٨٧.

٥ بعض نواحي التقدم في دراسة الضوء

كان القرن السابع عشر عصر قد تقدم تقدما كبيرا في دراسة الضوء. وقد صوب جاليليو كما قد رأينا في السنين الأولى من هذا القرن تلسكوبه إلى السماء كاشفاً بذلك أسرار ظلت حتى ذلك الوقت بعيدة عن أعين البشر. وقد كتب لكيبلر عن اكتشافاته، مما نتج عنه أن كيبلر صرف النظر عن أبحاثه في الرياضيات، وأخذ يقوم بأرصاد للسماء مستعملاً أول الأمر تلسكوباً مبنياً بطريقة تلسكوبات جاليليو التي كانت تتكون من عدسة محدبة للشيئية وعدسة مقعرة للعينية. وكان المبدأ هو نفس المبدأ المتتبع في صنع منظار الأوبرا الآن[1]. ولكن كيبلر استعمل بعد ذلك زوج عدسات محدبة بتلسكوبه حاصلاً بذلك على صورة مقلوبة. وهذا الوضع العكسي لم يكن له تأثير بالنسبة للأغراض الفلكية. وقد عرف من ذلك الوقت هذا النوع الخاص من آلات الرصد باسم التلسكوب الفلكي. ولكن كيبلر كان مولعاً بالدراسات النظرية لتلسكوبات أكثر من ولعه بالمشاهدات العملية. ولذلك عالج المشكلة العامة لتكوين الصور بواسطة عدسة.

وكان معروفا من زمن طويل أنه حينما يمر ضوء خلال مادة شفافة إلى مادة أخرى يحدث هناك تغيير فجائي في اتجاهه، وهو تغير يعرف باسم «الانكسار». وقد لوحظ أنه عند مرور الضوء من وسط أكثر تخلخلا[2] إلى وسط أكثر كثافة، فإنه ينحني صوب المستوى العمودي. وأصبحت الزاوية بين الشعاع الساقط والعمود تعرف بزاوية السقوط والزاوية بين الشعاع المنكسر

([1]) منظار الأوبرا هو منظار مزدوج يستعمل في دور الأوبرا والمسارح وهو يشبه منظار الميدان ولكنه أصغر منه (المترجم)

([2]) كثير المسام (المترجم)

والعمود باسم زاوية الانكسار. وقاس كيبلر هذه الزوايا في حالات كثيرة، واعتقد أن هناك نوعاً من النسبية بينهما، ولكنه لم يصل إلى العلاقة الحقيقية. لقد ترك لعالم فيزياء هولندي، أسنيل (١٩٥١ – ١٦٢٦) أن يكتشف أنه في حالة وجود وسطين مثل الهواء والماء يمكن أن يمر خلالها الضوء فإن نسبة جيب زاوية السقوط إلى جيب زاوية الانكسار نسبة ثابتة. وهذه النتيجة هي المعروفة بقانون الانكسار.

ويمكن الآن دراسة انكسار الضوء وكذلك انعكاسه، وتكوين الصور كذلك بواسطة المرايا والعدسات من وجهة النظر الهندسية، إذ يعتبر الضوء مجرد شيء يسير في خطوط مستقيمة. ومن الطبيعي تماماً بالنسبة لجميع المقاييس ولكل أغراض الحياة العلمية أن نعتبر مسار الضوء في خطوط مستقيمة، ولكن هناك تأثيرات معينة للضوء ترينا أن هذا الفرض ليس صحيحاً صحة تامة. وقد لوحظ بعض هذه التأثيرات في القرن السابع عشر. فمثلاً وجد عالم فيزياء ايطالي يدعى جريمالدي (١٦١٨ – ١٦٦٣) أن الظل الذي يتكون حينما تمر حزمة رفيعة جداً من الأشعة بالقرب من الطرف الحاد لجسم يعترض مسارها يكون أكبر مما إذا سار الضوء في خطوط مستقيمة تماماً. ولاحظ هدبا ملونة عند نحافة الظل. وهذه الظاهرة التي أصبحت تعرف بالحيود أثارت اهتماماً كبيراً. ولكن لم يتيسر لهذه الظاهرة تفسير مقبول حتى القرن التاسع عشر.

ولاحظ هيجينز حقيقة غريبة أخرى، فقد وجد أن الأشياء التي ترى من خلال بلورات معينة تظهر مزدوجة. وحينما أجرى تجارب مستعملاً بلورة من حجر أيسلندا وجد أنه ينشأ عن شعاع ساقط شعاعان منكسران. وينطبق قانون الانكسار على أحد هذين هو الشعاع العادي كما نسميه. أما الآخر فبما أنه

يتبع مساراً مخالفاً فإن القانون لا ينطبق عليه، ويعرف هذا الشعاع الثاني بالشعاع غير العادي. ولاحظ هيجينز أن أحد هذين الشعاعين يمر خل بلورة ثانية من حجر أيسلندا إذا وضعت هذه فقط في اتجاه معين بالنسبة للأولى. وقد وصف هيجنز مشاهداته هذه في كتاب عنوانه: بحث في الضوء، أخرجه عام ١٦٩٠.

ولقد تناول نيوتن هذا الموضوع موضوع الانكسار المزدوج الذي بين أن النتائج التي توصل إليها هيجينز تضطرنا إلى أن تفترض أن أي شعاع مهما كانت حالته ناتج عن انكسار مزدوج يختلف عن الشعاع العادي بنفس الطريقة التي يختلف بها قضيب طويل قطعة المستعرض مستطيل عن قضيب قطعة المستعرض دائرة ويقول نيوتن: وعلى ذلك فلكل شعاع جانبان متضادان لهما في الأصل خاصية يتوقف عليها الانكسار غير العادي، وليس للجانبين الآخرين مثل تلك الخاصية. وعلى ذلك رأى أن انكسار مثل هذا الشعاع المار خلال إحدى البلورات يتوقف على علاقة جوانبها بالبلورة نفسها.

إن اكتساب الجوانب لهذه الخاصية بواسطة شعاع من الضوء شبهه نيوتن باكتساب الأقطاب المغنطيسية بواسطة قطعة من الحديد، وهذه الظاهرة أصبحت تعرف باسم استقطاب الضوء. وكانت دراسة هذه الظاهرة فيما بعد ذات أهمية قصوى في كثير من فروع العلم. وحتى في القرن السابع عشر أجبر هذا الكشف الناس على أن يكونوا بعض الآراء عن ماهية الضوء. وأدى بهم هذا إلى تخيلات ذات طابع خلاب أدت بهم إلى أبحاث أخرى، وكذلك إلى ألغاز أكثر استعصاءً. وقد حلت بعض هذه الألغاز في القرن التاسع عشر حينما تقدم علم الضوء تقدماً كبيراً. ولكن ما زالت هناك مشاكل لم تحل. وكان الكثير من نواحي التقدم مع ذلك راجعاً لا إلى تجميع الحقائق والأمثلة

كما أراد بيكون للناس أن يعتقدوا، بل بالأحرى إلى قدرة تخيل الأشخاص الذين يتميزون بالنبوغ الذين أهدى الباحثين الطريق الذي يسلكونه في تجاربهم.

وكان المعتقد حتى القرن السابع عشر أن الضوء ينتقل فوراً، ولكن الأرصاد الدقيقة لفلكي دانمركي يدعى رويمر (١٤٦٤ – ١٧١٠) أثبتت مع ذلك أن الضوء يأخذ وقتاً معيناً في انتقاله. وكان هذا الكشف المشهور نتيجة رصد رويمر لخسوف أقمار المشترى. وقد شوهدت هذه الأقمار لأول مرة بواسطة جاليليو عام ١٦١٠ بالاستعانة بتلسكوبه الجديد الذي صنعه. وأدى استعمال رويمر للتلسكوب إلى كشف مدهش آخر.

إن فلك المشترى أكبر بكثير من فلك الأرض، وتكون الأرض في مستوى واحد مع الشمس والمشترى مرتين في السنة: مرة تكون الأرض بين الشمس والمشترى، وفي المرة الأخرى تكون الأرض والمشترى على جانبين متقابلين للشمس. وعلى ذلك ففي هذا الوضع الثاني لا بد للضوء القادم من المشترى إلى الأرض أن يقطع مسافة إضافية مساوية لقطر فلك الأرض. ولاحظ رويمر حينئذ أنه في إحدى أوقات السنة كانت أوقات الكسوف تسبق أوقات الكسوف التي تقع في الأوقات المتوسطة. وفي فترة أخرى تقع متأخرة عن أوقات الكسوف في الفترات المتوسطة بمقدار ثماني دقائق. وقد فسر رويمر هذه الظاهرة تفسيراً صحيحاً بقوله أنها ترجع إلى المسافة الإضافية التي على الضوء أن يقطعها. وعلى هذا قدر السرعة بـ ١٩٢٠٠٠ ميل في الثانية. ومما يدعو إلى الغرابة أن الناس ظلوا طويلاً يعتقدون أن الضوء ينتقل فوراً. وقد وجدت طرق أحسن لتقدير سرعة الضوء بعد العصر الذي عاش فيه رويمر

بوقت طويل، ولكن كشفه أتى بالضبط في الوقت المناسب حينما كان رجال العالم ينعمون الفكر باحثين عن ماهية الضوء.

وأثناء هذه الفترة كلها كان رجال الفكر في جميع أنحاء أوروبا واقعين تحت تأثير أفكار ديكارت. وكان الكون – طبقاً لفلسفته بما في ذلك الإقليم الواقع بين الشمس والنجوم الذي نسميه الفضاء – مملوءًا بمادة متصلة بحيث لا يمكن أي شيء من التحرك دون أن يأخذ مكان شيء آخر. وفي مثل هذا العالم المعبأ تعبئة محكمة تؤثر حركة أي جزء في الأجزاء القريبة منه، ويمكن أن تنتقل لأجزاء أخرى. ويمكن أن نتخيل هذا بالضبط كارتجاف يمر خلال هلال هائل. وتصور ديكارت أيضاً أن هذه المعادة المتصلة تكونت منها دوامات حينما خلق الكون، وأن الأرض والكواكب الأخرى تدور في دوامة هائلة مركزها الشمس.

وتتوقف الطريقة التي يفسر بها الناس الطبيعة على الكيفية التي تعودوا التفكير بها. وحينما كان الناس واقعين تحت تأثير أفكار ديكارت اعتادوا أن يفكروا في هذا تفسيراً يتلاءم مع نظرية المادة المتصلة، أو الوسط. ونتيجة لذلك فحينما أدت المشاهدات بالناس إلى آراء تكونت خبط عشواء عن ماهية الضوء وظن الكثيرون أنه لا بد أن يكون شيئاً له علاقة بهذا الوسط الشامل. وعلى ذلك كان من رأي هوك أن الضوء كان يرجع إلى تحرك هذا الوسط حركة سريعة ذهاباً وإياباً. ولقد توسع هيجينز في هذه الفكرة حتى كون منها نظرية جميلة جداً فسر بها انعكاس الضوء وانكساره، والانكسار المزدوج لبعض الباورات بفرضه أن الضوء يعود إلى تتابع تحركات منتظمة في هذا الوسط، أو بمعنى آخر إلى تحركات تموجية. ولكن النظرية الموجية هذه كما أصبحت تدعى لم يتقبلها كثير من رجال العالم في ذلك الوقت. وكانت

الصعوبة الرئيسية في سبيل النظرية الموجية تفسير تكوين الظلال الحادة. وكانت حركة التموج المألوفة التي تحدث عندما يلقى بحجر في بركة ماء تدل على أن الاضطراب التموجي ينتشر في جميع الجهات، وعلاوة على ذلك فإذا قابلت الأمواج المنتشر عقبة في ماء ساكن، فإن الماء فيما وراءها يبدأ في التحرك. وبمعنى آخر فإن الموجات تنحني حول العائق ولا تلقي ظلاً حاداً. وحتى ذلك الوقت لم يكن أحد قد توصل إلى تفسير لتجربة جريمالدي، ولذلك اعتقد الناس أن انتشار الضوء في خطوط مستقيمة إنما هو حجة قوية ضد النظرية الموجبة.

وقد وجد بديل لفكرة الموجات، وكان هذا البديل هو الفرض القائل بأن الضوء يتكون من سيالات من جسيمات دقيقة، أو كريات كما كانت تدعى. ولا يمكننا الدخول في تفصيلات أي من نظرية الجسيمات أو النظرية الموجية. أنه من الواجب هنا أن نكتفي بأن نقرر أنه نتيجة للنظرية الأولى من اللازم انتقال الضوء في وسط كالماء بسرعة أكثر من انتقاله في وسط كالهواء. ومن جهة أخرى فطبقاً للنظرية الموجية يجب أن ينتقل الضوء في الماء بسرعة أقل مما ينتقل في الهواء. وفي القرن التاسع عشر ثبت بواسطة التجربة أن السرعة في الماء أقل منها في الهواء، وبذلك تأكدت صحة الحجيج التي تساند النظرية الموجية. وزيادة على ذلك كان قد تبين قبل ذلك أن الحيود راجع إلى انتشار مويجات دقيقة من الضوء. إن تكوين الظلال والانتقال الظاهري للضوء في خطوط مستقيمة تماماً رؤي حينئذ أنه نتيجة الحجم الهائل للأشياء العادية إذا قورن بطول الموجة الضوئية.

ومع ذلك ففي الوقت الذي أخرج فيه هيجينز النظرية الموجية لم يكن هذا الدليل ميسوراً. ولم يكن لدى رجال العلم أجهزه حساسة بدرجة تكفي

لقياس سرعة الضوء في المعمل. وعلى ذلك كان لابد من إجراء التجارب الحاسمة بالنسبة للسرعة في الماء والهواء. ونتيجة لذلك كان الناس المعضدون لآراء هيجينز وآخرين في صف نظرية الجسيمات. وحاول نيوتن تحاشي كل التخمينات. لقد عارض النظرية لمبررات كانت تبدو وجيهة جداً في عصره، ولكنه لم يربط نفسه دون تحفظ بالنظرية المنافسة. والحقيقة أن نيوتن وضع آراءه على هيئة أسئلة استفهامية. وأصبح في سنيه الأخيرة يميل أكثر إلى نظرية الجسيمات عما كان عليه قبلا. ومع ذلك فقد قدم اقتراحاته بتواضعه الذي اتسم به قائلاً أن الأمر محتاج إلى مزيد من التجارب قبل الوصول إلى أية قرارات نهائية. وعلينا الآن أن نستعرض قليلاً من المساهمات الأخرى التي أسهم بها نيوتن في دراسة الضوء.

٦ ما قام به نيوتن في علم البصريات

حينما كان نيوتن مازال طالباً في الجامعة اعتاد أن يصقل عدساته ويصنع تلسكوباته. ومع ذلك فقد تضايق كثيراً من الهدب الملونة التي كان يراها الإنسان حينما كان ينظر إلى الأشياء من خلال مجموعة من العدسات. ولقد درس مرور الضوء خلال منشور، انكسار الضوء فيه أبسط من انكساره حين يمر في عدسة، وكان يرمي بذلك إلى الكشف عن حقائق أكثر عن هذه الهدب الضوئية.

وكان نيوتن شاباً في الثالثة والعشرين من عمره حينما أحضر منشوراً لإجراء تجارب على لون الضوء. ويقول: بعد أن أظلمت حجرتي، وثقبت ثقباً صغيراً في مصراع النافذة ليسمح بدخول كمية مناسبة من ضوء الشمس، وضعت منشوراً عند مسقط الضوء ليمكن بذلك انكساره على الحائط

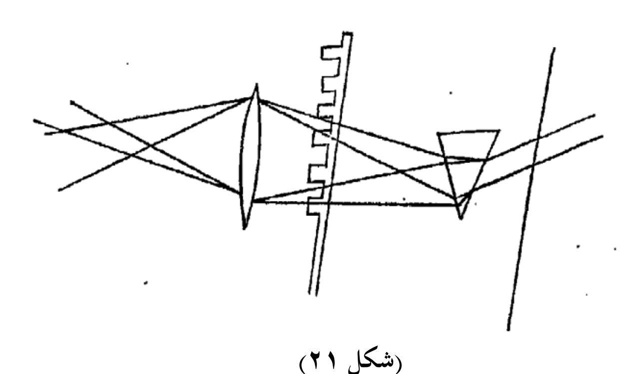
المقابل. وقبل وضع المنشور في مكانه رأى نيوتن بقعة بيضاء على الحائط. ولكن بعد وضع المنشور في مسار الضوء رأى حزمة من الضوء الملون عرضها عرض نقطة الضوء خمس مرات، وفي موضع مخالف على الحائط. وقد ميز سبعة ألوان رئيسية – أحمر، وبرتقالي، أصفر، وأخضر، وأزرق، ونيلي، وبنفسجي.

وعندئذ سأل نفسه كيف أن الحزمة الضيقة من النور الأبيض قد تشتت هكذا إلى حزمة ملونة. أكان هذا بسبب مرور بعض من الأشعة خلال حيز زجاجي أقل، ولذلك كان انحناؤه أقل؟ لقد وضع فرضه هذا موضع الاختبار بإمراره الحزمة الإشعاعية (أولاً) بالقرب من رأس المنشور و(ثانياً) بالقرب من القاعدة. وحصل في كلتا الحالتين على حزمة ملونة كان طولها نفس الطول كل مرة. وكانت في هذه الإجابة الحاسمة على سؤاله الأول. وبعد ذلك سأل نفسه إذا كانت تلك الألوان متسببة عن عيوب في زجاج منشوره. ولذلك أجرى تجارب مستعيناً بمنشورات من زجاج أصفى وصقل أوفى. ولكنه كان دائماً يحصل على حزمة ملونة مماثلة أو طيف. بعد ذلك أجرى تجارب مستعيناً بمنشور مكون من لوحات زجاجية لصقت بعضها ببعض على هيئة منشور ملأه ماء. أن اللوحات الزجاجية لم تؤد بنفسها إلى إيجاد طيف. ولكن الماء في الإناء المشكل على هيئة منشور أوجد طيفاً بالضبط كما حدث مع المنشور المصنوع من زجاج أصم.

وعلى هذا فقد كان نيوتن يضيق حدود المشكلة، وكانت النتائج التي وصل إليها تبين أن اللون كان راجعاً إلى انكسار الضوء، وأن الضوء ذا الألوان المختلفة يتعرض لمقادير انكسار مختلفة. ومع ذلك فقد واصل تجاربه فعزل الأشعة ذات اللون الخاص على قد المستطاع باستقبال الطيف لا على حائط

بل على شاشة ثقب بها ثقب إبرة. وعندئذ جعل حزمة الضوء الأحمر أو الأخضر تسقط على منشور ثان. وبذلك قاس مقدار تحويل هذا المنشور الثاني للحزمة الملونة عن مسارها. وأجرى تجارب على كل لون بدوره. قائسا الزوايا في كل حالة، ووجد أن الألوان المختلفة تنكسر بدرجات مختلفة، ويزداد الانكسار باستمرار ابتداء من الأحمر إلى البنفسجي.

واستعمل نيوتن بعد ذلك عدسة محدبة ليجمع ضوء الطيف المشتت في بؤرتها بحيث يصير حزمة ضيقة جداً. ووضع شيئاً شبيهاً بالمشط بين المنشور والعدسة بحيث كانت أسنان المشط تعترض جزءًا من الطيف قبل أن يصل إلى العدسة (شكل ٢١)

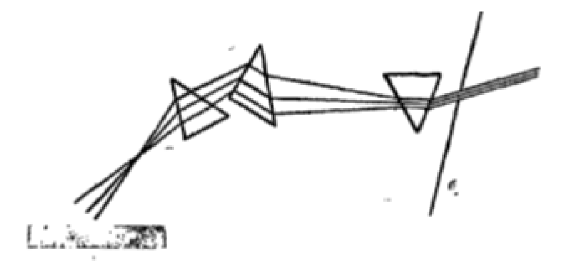


(شكل ٢١)

جهاز نيوتن لاعتراض أجزاء من الطيف وإعادة تكوين الباقي

وبتحريك المشط درجة بسيطة إلى الأمام والخلف لاحظ أن بقعة الضوء عند بؤرة العدسة قد مرت خلال تدرج لوني جميل. وحينما أزاح المشط أعادت العدسة تكوين الطيف إلى بقعة بيضاء ذات أثر لوني بسيط عند أطرافها. وفي مناسبة أخرى أعاد تكوين ألوان الطيف باستعمال ثلاثة منشورات. إن التحليل إلى الألوان أو تشتت الضوء الذي حدث بواسطة المنشور الأول عكس بواسطة المنشورات الأخرى، وبذلك تحصل على النور

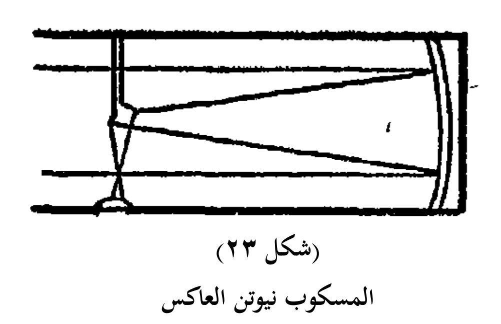
الأبيض مرة أخرى (شكل ٢٢) وكذلك حصل نيوتن على طيفين بجعل حزمتين من ضوء الشمس تقعان على نفس المنشور. ويتكون اللون الأبيض حيث يتداخل هذان بعضهما في بعض. ومن هذه التجارب وغيرها شعر نيوتن أنه على صواب في استنتاجه أن كل الألوان في الكون التي يتسبب الضوء فيها تكون إما ألوان أضواء متجانسة[1] أو مركبة من هذه الألوان.



(شكل ٢٢)
جهاز نيوتن لإعادة تجميع ألوان الطيف

وبعد ذلك عاد نيوتن إلى مشكلته الأصلية وهي الهدب الملونة التي تتكون حينما يمر الضوء خلال مجموعة من العدسات كما هي الحال في التلسكوب. وحيث أنه كان مدركاً أن الانكسار يحدث تشتتاً، فقد ظن أن الهدب الملونة التي ترى خلال التلسكوبات لا يمكن تجنبها إطلاقاً. ولذلك استغنى عن العدسات قدر المستطاع، ووضع تصميم تلسكوب به مرآة كبيرة محدبة قليلاً، أو عاكسة تجعل الضوء القادم من السماء يتجمع في بؤرة. ثم استقبل هذا الضوء المتجمع على مرآة مستوية صغيرة، واتخذت الصورة المرئية بواسطة العدسة العينية مكاناً لها على جانب التلسكوب العاكس (شكل ٢٣)

() [1] يعني بذلك الألوان المتجانسة أو النقية للطيف.



(شكل ٢٣)
المسكوب نيوتن العاكس

هذا الشكل مأخوذ عن الشكل الموجود في كتاب علم البصريات لنيوتن (الطبعة الرابعة ١٧٣٠)
وقد استعمل بدلا من المرآه المستوية منشورا قائم الزاوية ليقوم بعملية الانعكاس الثاني

وأهدى نيوتن إحدى تلسكوباته للجمعية الملكية، وسرعان ما صار استعمال مثل تلك الآلات العاكسة عاماً[1] وأدخلت عليها مزيد من التحسينات التي جعلتها لا غنى عنها للأرصاد الفلكية. وقد وجد بعد زمن نيوتن أنه من الممكن تجنب المتاعب الراجعة إلى اللون أثناء مرور الضوء خلال العدسات باستعمال مجموعة من العدسات مصنوعة من أنواع مختلفة من الزجاج بحيث تبطل إحداها ما تحدثه الأخرى من التشتت، ولكن ذلك الانكسار الحادث من مجموعة من العدسات كان كافياً لأن يعطى الصورة المطلوبة. ومثل هذه التجميعات العدسية يطلق عليها الآن التجميعات اللا لونية، أو التجمعات أو العدسات الأكروماتية.

وقد أدت تجارب نيوتن في التشتت الضوئي إلى تفسير ذلك الطيف الموجود في السماء المسمى قوس قزح. لقد قام رئيس أساقفة سبالات

---

[1] كان يبلغ طول التلسكوبات في القرن السابع عشر ١٠٠ قدما في الغالب، وذلك لتقليل متاعب اللون. ومن الممتع أنه حينما ووجه كريستوفر رين المتعدد نواحي النبوغ باقتراح جعل برج توم في أكسفورد رصداً، رفض العرض، وذلك لأن إقامة تلسكوبات بهذا الطول على قمة برج أمر غير عملي. وكان زيادة على ذلك يعلم أن جميع الأبراج في عصره كانت غير ثابتة. وكان يعلم كمهندس معماري أن مثل هذا التحويل لبرج توم سيكون من شأنه أن يجعل البرج يفقد فخامته

بمحاولة جريئة لتفسير قوس قزح. ومن المظنون أن هذه المحاولة دفعت نيوتن إلى معالجة المشكلة. ورأى نيوتن أن ألوان قوس قزح كانت ناتجة لا من مجرد انكسار الضوء عند انتقاله خلال قطرات المطر فحسب، بل أيضاً إلى انعكاس الضوء داخل القطرات نفسها. وبهذه الطريقة علل بطريقة مرضية تكوين كل من القوسين الابتدائي والثانوي.

وعلى ذلك فحتى سحر قوس قزح تناوله تفسير القانون العلمي، ولكن استمتاعنا بهذا مثله مثل استمتاعنا بغيره من مباهج الطبيعة قد ازداد بدلاً من أن ينقص بالنظرة العميقة التي أسبغها العلم عليه، والحقيقة أننا كلما لاحظنا الطبيعة وجدنا سلبها أشد تعقيداً. وفي بعض الأحيان نجد بين الآثار المختلفة علاقات تكشف عن توافقات لم نكن نجد بها قط من قبل، ولكننا باستمرار كلما كشف لنا لغز عن أسراره، تفتحت ألغاز أخرى أمام أعيننا المتعجبة.

٧ انتشار فلسفة نيوتن

إن نظريات نيوتن في الضوء واللون أدخلته في مجادلات ممقوتة، وامتدت تجاربه عشرين عاماً، ولكن لم تنشر أول طبعة من كتابه في البصريات حتى ١٧٠٤، وصدرت طبعة رابعة منه سنة ١٧٣٠ بعد وفاته بثلاث سنوات. وتتضمن هذه الطبعة أسئلة استفهامية أكثر مما تضمنته الطبعة الأولى، إذ أدر نيوتن أن ما قد تعلمه كان أداة فقط لتسريه كم تبقى أمامه من أمور كثيرة أخرى في حاجة إلى الكشف.

وعلى الرغم من أهمية بحوث نيوتن في الضوء، إلا أن انجازاته الفذة العظيمة في الجاذبية أفادت، وألقت ظلالا عليها. وبصرف النظر عن قيمة هذا العمل لرجال الرياضيات، فإنه حول أذهان جميع رجالات الفكر إلى

مسالك جديدة. ولكن كان على الناس قبل أن يقدروا تعاليم نيوتن أن يتنازلوا عن تمسكهم بنظام ديكارت، ولم تكن فلسفة ديكارت قد تأصلت جذورها إطلاقاً في الأرض الإنجليزية. وقد تكون أحد أسباب هذا أن أعظم العقول المستقلة مثل بويل، وهوك، ورين كانوا أكثر ولوعاً بالتجريب منهم بالنقاش. ويخبرنا بويل بالفعل أنه على الرغم من اعترافه بديكارت وبيكون كزعماء له، إلا أنه لم يقرأ مؤلفاتهما قراءة جدية لكي لا يشغل باله بأية نظرية أو بأية مبادئ قبل أن يكون لديه من الوقت ما يجعله يبحث الأشياء بنفسه. وبسبب هذا الاختلاف في الاتجاه بالإضافة – كما ذكر سالف – إلى أن الديكارتية لم تكن وطيدة الأركان في إنجلترا كما كانت في القارة، كان أمام فلسفة نيوتن فرصة أفضل ليتقبلها الناس في إنجلترا.

ولقد كرم نيوتن من الجامعة ونصب فارساً بواسطة الملكة آن، وسرعان ما عرف مواطنوه قيمة عمله. وبعد سنين قليلة من نشر كتاب «أصول الأشياء» ألقيت محاضرات عامة في فلسفة نيوتن، أولاً في أدنبرة ثم في لندن. وبذلت محاولات لتعريف الناشئ بمبادئ نيوتن. ونقرأ عن أكاديميات للسادة الصغار حيث أضيف رياضيات وفلك نيوتن إلى البرامج الدراسية. وفي السنين الأولى للقرن الثامن عشر بدأت تظهر مذكرات في فلسفة نيوتن في الأبحاث الفرنسية. ولكن الفلسفة النيوتونية لم ترج في القارة إلا بعد رجوع فولتير إلى فرنسا بعد زيارته لإنجلترا. وبذلك حل محل نظام ديكارت الفيزيائي بواسطة المتصل ودواماته المادية المتحركة نظام نيوتن الأبسط بكثير والأكثر شمولاً.

٨ القانون العلمي

إن فكرة القانون التي ظهرت بوضوح في انجازات نيوتن كانت آخذة في النمو طوال القرن السابع عشر. أنها امتدت كبيرا إلى ما وراء رجال العلم، وغيرت طابع التفكير لدى جميع الناس. لقد غيرت لغة الكتابات السياسية بأكملها. وبدأ الناس يستعيرون من العلم تعبيرات ويستعيرون أفكارا كذلك، مثل الموازنة، والتوازن، وهكذا التي ظهرت في مؤلفات عن النظرية السياسية. وبدأ الناس يطبقون طرق القياس في الأمور الحكومية. وعلى ذلك فقد نشأت بالفعل في القرن السابع عشر مبادئ العلم الذي نعرفه اليوم بعلم الإحصاء الحيوي. ويظهر تطبيق الطريقة العلمية على المشاكل البشرية في مؤلفة لجريشيس (١٨٥٣ – ١٦٤٥) في القانون الدولي، استنتج فيه من مجموعة كبيرة من المناقشات والأمثلة بعض مبادئ عامة بسيطة. وقد أثر هذا الكتاب في الفكر السياسي الأوربي، ومن ثم أثر – عن طريق التشريع – في حياة كثير من الناس..

وقد أوجد التعرف على أحداث الطبيعة التي تتم طبقاً لسنن منسقة اتجاهاً أكثر تعقلاً في الحياة العادية للناس، فقد كان الناس فيما مضى يعتقدون في التأثيرات المعجزة. كان الفلاح يلقي اللوم على بعض القوى الحاقدة عندما كانت تهب عاصفة تدمر محاصيله. وكانت زوجته تعتبر قوى الشر مسئولة عن فساد أحلامها. وكان معظم الرجاء والنساء في جميع أنحاء أوربا لا يزالون يعتقدون في الساحرات في بدء القرن السابع عشر. وتنافس الكاثوليك والبروتستانت مع بعضهم البعض في تعذيب وإحراق أولئك التعساء الذين اتهموا بالشعوذة. كان هذا العصر من أظلم عصور التاريخ البشري. ومع

ذلك فبعد مائة عام بدا أن هذا الاضطهاد قد توقف فجأة. وفي أوائل القرن الثامن عشر ألغيت القوانين التي تحرم السحر في مختلف الممالك.

فما سبب هذا؟ إن الإنسان لم يصبح فجأة أكثر رحمة، ولكنه أصبح أكثر تعقلاً فقط. لقد علم العلم الإنسان قبل هذا الوقت حدود سيطرته على الطبيعة. ونتيجة لذلك أدرك أن توجيه اللوم إلى مخلوق زميل لحسده ماشيته، أو تسببه في محاصيل رديئة إنما هو مجرد غباء. وعلى ذلك توقف الاضطهاد من أجل الشعوذة، وبما أن العلم علم الإنسان أيضاً شيئاً من القوانين، وشيئًا عن ضخامة الكون، فإن الاعتقاد القديم في التنجيم تحكم الكواكب في مصائر البشر، مات موتة طبيعية.

وإدراك الإنسان أن هناك قانوناً بسيطاً تسير السموات والأرض بمقتضاه حرر الإنسان تدريجياً من مخاوف أخرى، فمثلاً ظلت المذنبات تعتبر زمناً طويلاً نذراً لداهية دهياء. ولكن في ختام القرن السابع عشر حسب هالي (١٦٥٦ – ١٧٤٢) صديق نيوتن مدار مذنب، وتنبأ بعودته عام ١٧٥٧، وأجرى تقديراته طبقاً لمبادئ الجاذبية، ومما أثار دهشة الدنيا المتعجبة أن المذنب ظهر في ميعاده في الوقت المتنبأ به. وقد دعي بمذنب هالي.

وفي القرن التاسع عشر أيضاً في فترة تقدم فيها الفلك تقدماً ملحوظاً اكتشف جون كوتش آدمز (١٨١٩ – ١٨٩٢)، وإيرين ليفيريير (١٨١٦ – ١٨٧٧) الفلكي الفرنسي الكوكب نبتون، وكان كل منهما يعمل مستقلاً عن الآخر. وقد لاحظ تباينات بين المواقع المشاهدة لكوكب يورانوس، والمواقع المحسوبة طبقاً لقانون الجاذبية. واستنتج كل من هذين الباحثين أن يورانوس لا بد أن يكون مجذوباً بواسطة كوكب ما بعيد جداً لم يشاهده إنسان حتى

ذلك الوقت. ونتيجة لذلك قام بحساب المكان الذي كان لا بد أن يقع فيه مثل هذا الكوكب بحيث يحدث التباينات التي شاهداها. وأرسل آدمز إلى رجال الأرصاد في كمبردج مبيناً لهم في أي أقاليم السماء ينبغي عليهم أن يبحثوا عنه. وأرسل ليفيريير نتائجه لمساعد له في برلين. وقد كان آدمز هو الأسبق في تقديراته، ولكنه كانت هناك في برلين خرائط نجمية أفضل من التي في كمبردج حتى أن الكوكب الجديد شوهد لأول مرة فعلاً من برلين، واكتشف في المكان الذي حددته النظرية.

وقد أصبح هذا الكشف الذي اعتبر نصراً لنظرية الجاذبية في حيز الإمكان بواسطة التلسكوبات التي أدخلت عليها تحسينات هائلة والتي كانت ميسورة في ذلك الوقت وبواسطة رسم الخرائط للسموات الذي تجلت فيه الأناة والجلد والذي أخذ يخطو قدماً بخطى منتظمة منذ عصر نيوتن.

ومنذ إثبات قانون الجاذبية لأول مرة أخذ رجال العلم يواصلون البحث، وكانوا يجدون دوماً أمور الطبيعة تسير طبقاً لسنن ثابتة، وأصبحت هذه معتبرة كنظريات عامة أو قوانين بسيطة وبدلاً من المناقشة والتبويب كما كان الأمر في العصور الوسطى أصبحوا يشاهدون ويقيسون ويحسبون. وبمجرد أن سيطر هذا الاتجاه الجديد على خيال الناس أصبح تقدم العلم أمراً لا شك فيه. إن القصة هي قصة أخطاء ومشقة وحنين، قصة كد عسير، ولكنها قصة تقدم مستمر يبدأ أحد النابغين من حيث ينتهي الآخر. يكرس أحدهم حياته للبحث العلمي، ويستعمل الآخر ما توصل إليه الباحثون من نتائج لفائدة البشر. وعلى ذلك فإن العلم يزدهر ويتجدد على الدوام.

الفصل السادس

العلم في.. الثورة الصناعية

إن التقدم العلمي الهائل في القرن السابع عشر كان راجعاً إلى فئة قليلة من زعماء الفكر، ولم تكن اكتشافاتهم العظيمة اختراعات مدهشة على الفور. وإنه لصحيح أنه كانت هناك تطبيقات معينة للعلم في بعض مشاكل الحياة اليومية بواسطة رجال العلم ذاتهم. فمثلاً أتقن هيجنز صناعة ساعة للبندول، وصمم الزنبرك الذي استعمل فيما بعد في ساعة الجيب. واخترع رين كثيراً من الآلات ذاتية التسجيل ذات جهاز مكون من عجلات مسننة وتروس وزنبركات. وكانت تتم التسجيلات فيها بشكل مستمر بواسطة قلم يتحرك في أسطوانة دائرة. وكان أيضاً أول من اقترح استعمال البارومتر في التنبؤ بالجو. ومع ذلك كانت الاختراعات التي تمت في القرن السابع عشر قليلة بالنسبة للنشاط العلمي العظيم المدى. ومن جهة أخرى كان القرن الثامن عشر فترة تدعيم للمعرفة العلمية أكثر مما كان فترة اكتشافات مثيرة، ولكنه كان قرناً اشتهر باختراعاته.

وكان هناك من الطبيعي تحسينات في صناعات القرن السابع عشر، حيث أن الصناع المهرة كانوا على الدوام يفيدون من تجربتهم. ولكنهم كانت تنقصهم المواد اللازمة لإنشاء آلات ذات أثر فعال. وكانت تتكون مثل تلك الآلات التي وجدت حينئذ كمكنات النشر، والأجهزة الميكانيكية الصغيرة مثل ماكينة التريكو، ونول الأشرطة غالباً من خشب يرتبط بأجزاء معدنية. ولكن الخشب كان بالطبع غير مناسب إطلاقاً للآلات التي يجب أن تكون

مقاومة للحرارة، أو التي يلزم أن ينزلق فيها جزء بسهولة داخل جزء آخر، ونتيجة لذلك فإن الآلات التي من النوع المألوف لنا اليوم كانت ممكنة فحسب بعد أن وقف الناس على طرق فعالة للاستفادة من المعادن. وفوق ذلك كان يتطلب التحكم في مثل تلك الطرق معرفة بالكيمياء، ولذلك فعند تتبعنا لأثر العلم في التغير العظيم الذي حدث في السنين الأخيرة من القرن التاسع عشر والمعروف بالثورة الصناعية يجب أن نبدأ البحث عن كيفية توصل الإنسان لاستخدام الحديد، وهو أنفع المعادن كلها وأكثرها ذيوعاً.

١ – الحديد والصلب

لا يوجد الحديد نقياً في الطبيعة، ولكنه يوجد دائماً متحداً بعناصر أخرى[١]. إنه يوجد غالباً متحداً مع الأكسجين على هيئة أكاسيد. وكان استخلاص الحديد من خاماته أمراً معروفاً منذ الماضي السحيق. وقد بقيت الطرق التي كانت تتناسب فقط مع كميات صغيرة من الخامات النقية هي هي لم تتغير لمئات السنين. وكانت الطريقة المستعملة في القرن السادس عشر تتلخص في وضع طبقة من الفحم النباتي في بوتقة قليلة الغور واسعة في موقد في الخلاء تتأجج فيه نار حامية. وكان يغطي الفحم النباتي بعد ذلك طبقة من الخام المجروش مخلوطة بقليل من الجير، ثم تضاف بعد ذلك طبقة أخرى من الفحم النباتي، ثم طبقة من الخام، وهكذا. وكان المخلوط يسخن تسخيناً بنفخ النار بمنافيخ. وكان هذا من شأنه رفع الحرارة إلى درجة تكفي لجعل الفحم النباتي يتحد مع أكسجين الخام تاركاً حديداً (لوحة رقم ١٥)[٢]. وكانت طريقة استخدام نوع من الكربون في تسخين الخام تستعمل منذ ذلك

---

(١) لا يوجد في الطبيعة حديد نقي إلا الحديد المتخلف عن الشهب والنيازك (المترجم)

(٢) هذه الطريقة موضحة في مؤلف لجورج أجريكول (بازل ١٥٥٦)

الحين مع تحسينات في التفاصيل عند استخدام كميات كبيرة وكان المعدن الذي يتحصل عليه بهذه الطريقة يحتوي دائماً على كربون خالص وكذلك كربون متحد بالحديد. وهذا من شأنه إعطاء الحديد خواصه التي يتميز بها.

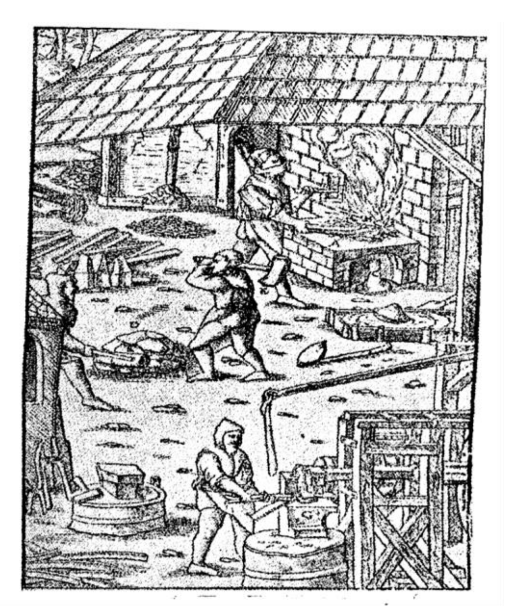
ويمكن انسيابه وهو منصهر إلى قوالب، وحيث أنه يتمدد حينما يتصلب فإن القالب يمتلئ به امتلاء محكماً. ولذلك فحينما يؤخذ هذا الحديد المسبوك يترك وراءه طبعة واضحة، ويعرف مثل هذا الحديد بالحديد الزهر. ويمكن الحصول على نوع من الحديد أنقى من ذلك بكثير بالتخلص من الكربون في الحديد الزهر بواسطة أكسدته. ويمكن تشكيل هذا الحديد بسهولة عندما يكون ساخناً بواسطة الطرق. وهذا الحديد هو المعروف بالحديد المطاوع. وقد استعمل زمناً طويلاً للأغراض الزخرفية، فالأبواب الزخرفية الجميلة لمبنى القساوسة في دير وستمنستر مثلاً مصنوعة من حديد مطاوع يرجع تاريخه إلى القرن الخامس عشر. ويقع الصلب في درجة وسطى من النقاوة بين الحديد الزهر والحديد المطاوع مباشرة. وهو يتكون من حديد وكربون وآثار من عناصر أخرى. وقد ظل الصلب يصنع مدى قرون بتسخين الحديد المطاوع مع الفحم النباتي، وبعد ذلك تقسى الكتلة الملتهبة بالماء. وبهذا يكتسب المعدن صلابة وقوة عظيمتين، ويكون في الاستطاعة شحذه وعمل شفرات حادة منه. ولذلك كان يستعمل لصناعة أنصال السيوف، وكانت صناعتها فناً دقيقاً، وتوجد قصص الأبطال الذين يصنعون سيوفهم المظفرة في القصص الشعبية لكثير من الأقطار، ويرينا هذا قدم مثل تلك الطرق.

وازدهرت صناعة الحديد أيام الملكة إليصابات في الجزء الجنوبي الشرقي من إنجلترا، وكان يحصل على الفحم النباتي اللازم لصهر الخام من

الغابات القريبة. ولكن الخشب كان مطلوباً كذلك لبناء السفن وللبيوت، ولذلك أصبح من الضروري الحد من إتلاف الغابات عن طريق التشريع. وعلى ذلك فكلما نمت صناعة الحديد كان على الناس أن يبحثوا لهم عن بديل للفحم النباتي، وقد وجدوا هذا في فحم الكوك وهو نوع من الكربون يتخلف بعد تقطير المواد القابلة للاشتعال بسهولة من الفحم. شاع استعمال الكوك في صناعة الحديد حوالي منتصف القرن الثامن عشر[1]. وكانت أسهل الأماكن التي يتيسر فيها الحصول على الكوك هي طبعاً الأماكن التي تقع بجوار مناجم الفحم، وذلك توفيراً لتكاليف نقل الكوك. وفي إنجلترا توجد رواسب الحديد الطبيعية قريبة من رواسب الفحم، ولذلك ازدهرت صناعة الحديد بسرعة. وأقيمت أفران أحسن، وأوجدت طرق لتطريق الحديد إلى صحائف. وسرعان ما أنتج الحديد الزهر والحديد المصفح بكميات كبيرة. وفي منتصف القرن الثامن عشر أقيمت أول قنطرة صنعت من الحديد الزهر في كولبروكدال في منطقة شروبشير، واستعملت القضبان الحديدية لتجري عليها عربات النقل المستعملة في المناجم بدلاً من القضبان الخشبية التي كانت مستعملة إلى ذلك الوقت. وكان كل شيء معداً لإنتاج الآلات الحديدية بمجرد انتهاء المخترعين من وضع تصميماتها. وكان لا بد أولاً من حدوث تقدم في صناعة المعادن.

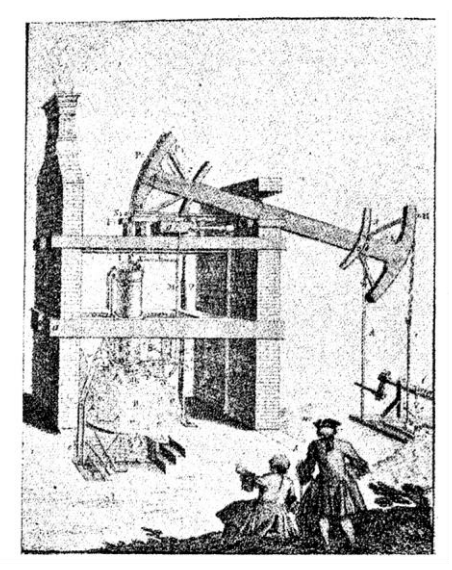
() [1] وفي الفترة التي تخللت هذا أدخلت عدة تحسينات على صهر الحديد وكان مصدرها أجزاء مختلفة من القارة. وعلى الأخص مملكة الوالون (الأجزاء الجنوبية والجنوبية الشرقية من بلجيكا والأقاليم المجاورة من فرنسا)

لوحة رقم ١٥



صهر الحديد

من لوحة خشبية لأجريكول بخصوص الأشياء المعدنية، بازل عام ١٥٥٦



آلة بخارية قديمة لرفع الماء، من نقش عام ١٧٤٧

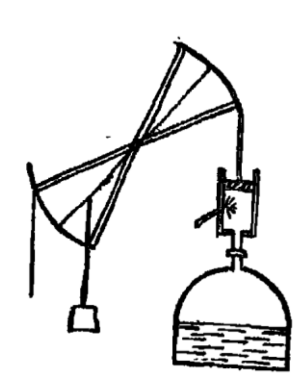
٢ الآلات البخارية

كانت هناك محاولات كثيرة سابقة لاستعمال البخار في القيام بالعمل الميكانيكي، وبمعنى آخر لصناعة آلة بخارية. وكانت المعلومات العلمية اللازمة لصناعة آلة بخارية معروفة بالفعل معرفة جيدة في ختام القرن السابع عشر. ونتج عن ذلك أن كل الناس على دراية بالضغط الجوي، وعرفوا كيفية الحصول على ضغط منخفض أو ما يسمى «فراغاً» بطرد الهواء بواسطة البخار، ثم بتكثيف البخار بعد ذلك بالتبريد. وبجانب تلك الطرق العملية كانت هناك أيضاً بعض المعلومات عن النظرية المنطوية على هذا. وعلى ذلك فحص بويل العلاقة بين حجم الغاز، والضغط الواقع عليه في الأيام الأولى للجمعية الملكية، ولكن على الرغم من أن المعلومات الأساسية كانت ميسورة، فقد مضى وقت طويل قبل أن تحل آلات أكثر كفاية ويمكن أن تكون ذات نفع حقيقي للإنسان محل الآلات الأولى الثقيلة الحركة (لوحة ١٦).

واتخذت الخطوة الأولى المهمة بواسطة توماس نيوكومين (١٦٦٣ – ١٧٢٩) أحد أهالي دارتموث، نوكان يعمل في تجارة الحديد. وقد تبودلت بين نيوكومين وهوك خطابات وقف بها نيوكومين على المناقشات التي كانت تدور بين الزملاء في الجمعية الملكية عن إمكانية إيجاد آلات بخارية، وبعد محاولات عديدة صنع نيوكومين آلة ضخ بسيطة استخدمت بسرعة في رفع الماء من مناجم الفحم، وكانت مشكلة ملحة في تلك الأيام. وكانت آلة نيوكومين تتكون من غلاية ومكبس يتحرك داخل أسطوانة كما هي الحال في مكبس منفاخ الدراجة. ولكن بينما يتحرك هذا المكبس إلى أسفل وإلى أعلى باليد، كان المكبس في آلة نيوكومين يندفع إلى أسفل بواسطة الضغط الجوي.

كان الهواء يطرد أولاً من الأسطوانة بواسطة البخار، وبهذا يدفع الأسطوانة إلى أعلى، ثم ينقطع سيل البخار وتبرد الأسطوانة برشها بالماء. وبذلك يتكثف البخار ويقل الضغط داخل الأسطوانة، ونتيجة لذلك يدفع ضغط الهواء الأكبر في الخارج المكبس إلى أسفل وبهذه الطريقة كانت تعمل المضخة كما يتضح من الشكل (شكل ٢٤).

وكان لابد في الآلات الأولى لنيوكومن أن تفتح وتوصد الصنابير التي تتحكم في إدخال البخار ورذاذ الماء البارد لتبريد البخار باليد. ولذلك كانت الآلات في حاجة إلى ملاحظة دائمة. وقد قيل أن نصيباً كان يعمل ملاحظاً ذات مرة فوجد أن عمله كان مضنياً بدرجة أن اختراع صماماً كيفما كان قام بعملية الفتح والإيصاد بدلاً منه مما تركه حراً يلعب مع رفاقه. لقد أخذ بفكرته وسرعان ما جهزت آلات نيوكومين بصمامات كانت تفتح وتقفل بواسطة تحرك الذراع.



شكل ٢٤

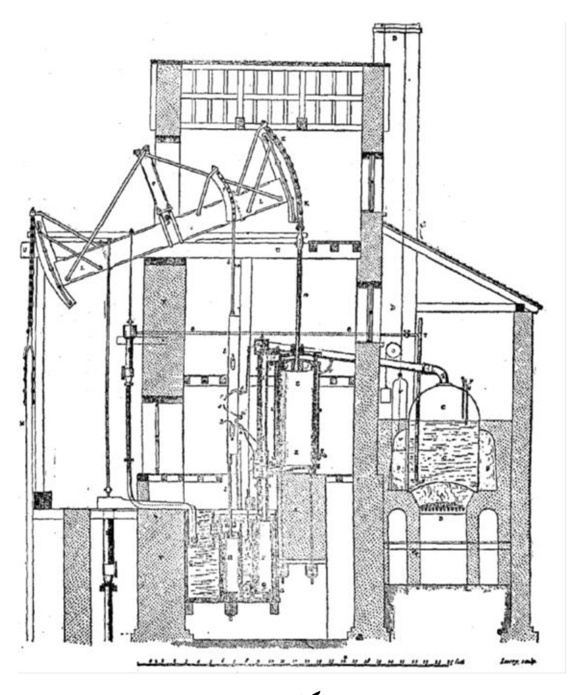
آلة نيوكومين

عند فتح الصمام كان البخار يدخل من الغلاية إلى الأسطوانة ويدفع المكبس إلى أعلى عندئذ كان يتكثف البخار بواسطة رذاذ ماء بارد. ونتيجة لذلك كان الضغط يقل في الداخل، فيدفع الضغط الجوي من الخارج المكبس إلى أسفل مرة ثانية

وأتت الخطوة الثانية في سبيل تحسين الآلة البخارية عن طريق تطبيق المبادئ الجديدة. وكان الفضل في هذا يرجع إلى جيمس وات (١٧٣٦ – ١٨١٩) لقد صار وات عاملاً ميكانيكياً في جامعة جلاسجو بعد فترة مران قصيرة كصبي صنعة في لندن. ولذلك فقد كان لديه فرص الاتصال الشخصي بأساتذة الجامعة. وكان من بينهم جوزيف بلاك (١٧٢٨ – ١٧٩٩) الذي كان أول من اعتبر الحرارة شيئاً يمكن قياسه. وقد أبان أنه حينما يدفع بالبخار في الأحوال العادية إلى الماء البارد. فإنه يرفع درجة حرارة ما يساوي وزنه ست مرات من الماء إلى درجة الغليان. وأطلق على هذه الكمية الكبيرة من الحرارة التي تنبعث عن تكثيف البخار حرارة البخار الكامنة أو الخفية. وقد أخبر وات بهذه النتائج مما أدى بهذا الرجل الأصغر منه سناً أن يفكر ويجري تجارب لنفسه.

وذات يوم أعطى وات نموذجاً لآلة نيوكومين لإصلاحه. لاحظ الطرقة التي يعمل بها، وأدرك أن تسخين وتبريد الأسطوانة كان ينتج عنه ضياع كمية كبيرة من الحرارة. عندئذ طرأت على ذهنه مصادفة فكرة فصل الأسطوانة عن المكثف، والاحتفاظ بالأسطوانة ساخنة بقدر الإمكان بتغليفها بعلبة بخار. وكانت هذه هي الخدمة الكبرى التي أسداها للآلة البخارية. وسرعان ما صار بعد ذلك شريكاً في شركة هندسية كبيرة في برمنجهام. وهيأ له هذا فرصاً عديدة لإجراء التجارب. وواصل إدخال تحسين بعد الآخر. وفي النهاية صنع آلة وجد أنها تستعمل فقط ربع الوقود الذي تحتاج إليه آلة من نوع آلات نيوكومين القديمة. ولذلك فسرعان ما استخدم أصحاب المناجم آلة وات الأكثر توفيراً للنفقات.

وفي السنين الأخيرة من القرن الثامن عشر تطلبت صناعة الحديد النامية كميات ضخمة من الكوك للصهر. وكان هذا معناه ضرورة الحصول على مزيد من الفحم، وتعميق المناجم الموجودة بدرجة كبيرة. ولذلك عظم الطلب عن أي وقت مضى على الآلات البخارية لضخ الماء من المناجم (شكل ٢٥)، وكانت الآلات البخارية نفسها في حاجة إلى فحم، وسرعان ما استخدمت الآلات البخارية علاوة على ذلك في إدخال التيار الهوائي لصهر الحديد إلى الأفران اللافحة، واستخدم كثير من الحديد الذي حصل عليه بهذه الطريقة لصناعة المزيد من الآلات. ولذلك ازدهرت سوياً صناعة الفحم والحديد والآلات ازدهاراً سريعاً.



(شكل ٢٥)

مضخة وات المفردة للاتجاه

ولإدخال تيار هوائي أو لضخ الماء كان من الضروري فقط تحرك الآلة البخارية إلى أعلى وأسفل. ومع ذلك لاح وات بسرعة مزايا آلة تتحرك حركة دائرية مستمرة. وفي عام ١٧٨٢ سجل اختراع آلة «مزدوجة العمل» كان طرفا الأسطوانة بها يتصلان بكل من الغلاية والمكثف بالتناوب. وعل ذلك كان الكباس يدفع بالذراع ويشده كذلك. ونتيجة لذلك أصبحت الآلة أقوى. وبواسطة ذراع تدوير، يمكن مشاهدة المبدأ القائم عليه في المخرطة وفي مدوس مكنة الحياكة. تحولت حركة المكبس الأمامية الخلفية إلى حركة دائرية. وكان كل شيء معداً الآن للاستعمال الواسع المدى للآلة البخارية في المطالب العلمية.

٣ القارب البخاري القاطرة البخارية

بمجرد صنع وات لآلة بخارية تسبب حركة دورية، لم يكن أمام المهندسين إلا أن يقوموا بترتيب التفاصيل اللازمة لتجهيز القوارب بآلة بخارية مناسبة جعلها تقوم بتحريك عجلات التجديف وبذلك تحرك القارب. أو يمكن أيضاً للآلة البخارية أن تحرك عجلات عربة تجري على قضبان مع بعض التفاصيل الإنشائية المناسبة. ولذلك ظهر القارب البخاري والقاطرة البخارية مباشرة نتيجة لاكتشاف وات. على الرغم من أنه كان لابد من دراسة كثيرة قبل أن يصبح أي منهما ذا أثر فعال.

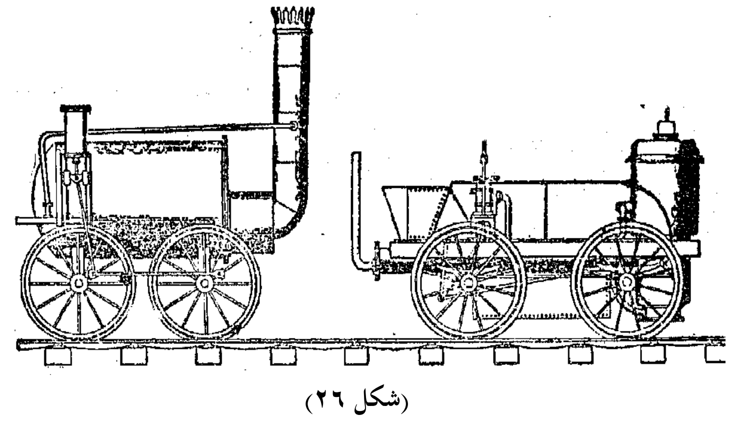
وجرب أول قارب بخاري ناجح سنة ١٨٠٢ في مضيق كلايد، إذ وصلت آلة وات المزدوجة الحركة بعمود يدير عجلة تجديف في مؤخرة القارب. وبعد ذلك بعشر سنوات سيرت باخرة ذات عجلتي تجديف جانبيتين

لنقل الركاب على نهر الكلايد. ومع ذلك فخلال النصف الأول من القرن التاسع عشر تقدم القارب البخاري تقدماً بطيئاً نوعاً حتى حينما شاع استعمال الحديد كمادة في بناء السفن. وقد وجد أن البواخر التجديفية غير مأمونة في البحار الهائجة. ولم تبن عابرات المحيط القوية إلا بعد أن جعلت الهندسة العملية والطرق الأفضل لاستعمال الصلب في الإنشاءات البواخر اللولبية أمراً عملياً.

وفي الوقت الذي ظهر فيه أول قارب بخاري بذلت عدة محاولات ناجحة لإنشاء قاطرة بخارية. وعلى الرغم من تلك المحاولات فإن هذا التطور اقترن باسم جورج ستيفنسون (١٦٨١ – ١٨٤٨) اقتراناً تاماً لدرجة أننا لا نذكر إلا إياه فحسب. وحيث أنه نشأ في منزل فقير في منطقة تعدين، فقد كانت دائرة ذكرياته الأولى تتعدى الآلات التي تمتلئ شحماً، وأكوام الفحم التي يتصاعد الدخان منها. لم يلتحق بمدرسة ولكنه بدأ العمل وهو صبي. وكان أول عمل قام به هو مساعدة والده في قذف الفحم بالجاروف داخل فرن إحدى مضخات وات. وكان هو في سن السابعة عشرة لا يزال غير قادر على القراءة ولكنه بدأ حينئذ يتعلم لكي يقرأ عن الآلات. وسرعان ما انتصرت مواهبه العجيبة على عدم تعلمه المبكر. وأدى ولعه بمكن الجر البخاري أن يقوم بالتجارب لحسابه الخاص أثناء فراغه الضئيل.

وفي النهاية أسند رؤساء ستيفنسون له مهمة ملاحظة إنشاء قاطرة بخارية، وقد أدى ستيفنسون الكثير بيديه. وكانت النتيجة إنشاء آلة ذات حجم ضخم أقصى سرعة لها أربعة أميال في الساعة. وكانت تحتاج زيادة على ذلك إلى كمية كبيرة من الفحم بدرجة أن الطريقة القديمة طريقة استخدام الجياد في جر العربات كانت أرخص بكثير كما كانت أسرع كذلك. ويمكن

مشاهدة كثير من قاطرات ستيفنسون الأولى بمداخنها العالية، وأجسامها المصنوعة من حديد زهر سميك في متحف العلم في سوث كينسنجتون (شكلاً ٢٦، ٢٧).



(شكل ٢٦)

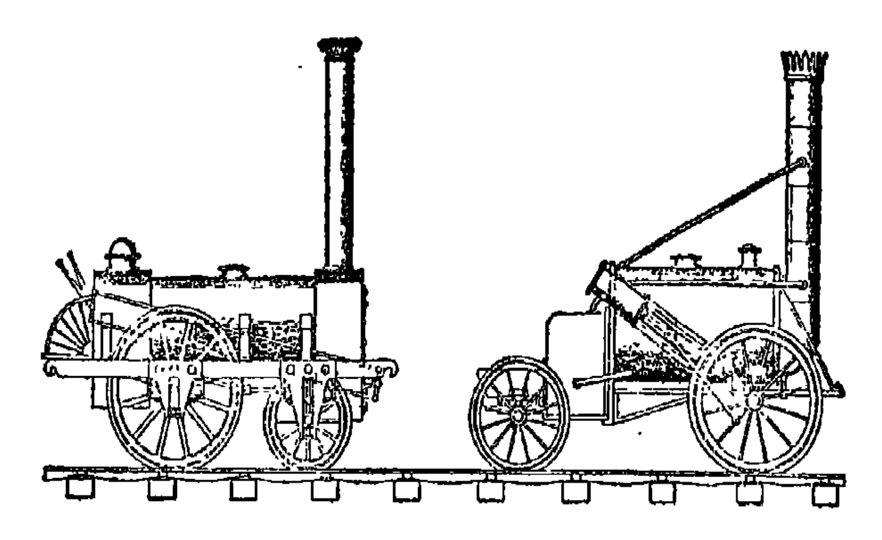
رسوم تبيانية لأنواع قديمة من القاطرات نشرت عام ١٨٣٤

تبين الصورة بوضوح جهاز ذراع التدوير الذي تحدث بواسطته حركة الكباس إلى أعلى وأسفل في الأسطوانة الرأسية إلى حركة دائرية مستمرة للعجلات

وعلى الرغم من مرات الفشل العديدة التي واجهت ستيفنسون فإنه واصل العمل، إذ سرعان ما أدخل تحسيناً أدى إلى إخراج البخار خلال أنبوبة في مدخنة الغلاية بعد دفع المكبس. وقد أدى هذا إلى إيجاد تيار زائد من الهواء جعل الفرن يتأجج بسرعة مما نتج عنه ازدياد قوة القاطرة ومن ذلك الوقت فصاعداً استخدمت قاطرات ستيفنسون لنقل الفحم في مناطق كثيرة.

وظلت القاطرة البخارية عدة سنين تعتبر مجرد وسيلة لنقل البضائع الثقيلة، ولم يدر بخلد إنسان قط حتى ذلك الوقت أن تستعمل لنقل المسافرين. ومع ذلك تنبأ ستيفنسون أن السكك الحديدية ستحل محل

عربات اليد، وأنه سيأتي اليوم الذي ستكون فيه رخيصة لدرجة أن العمال لن يصبحوا بعد ذلك في حاجة إلى السير لمكان عملهم اليومي.



(شكل ٢٧)

أنواع قاطرات ظهرت فيما بعد

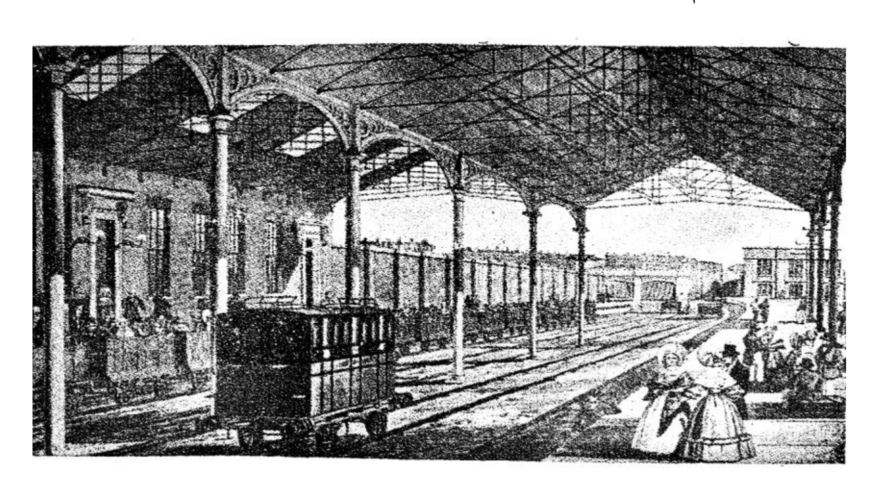
من رسوم توضيحية نشرت عام ١٨٣٤ تظهر الأسطوانة في وضع مائل بدلاً من الوضع الرأسي كما في الأنواع التي ظهرت قبل ذلك

وبدا في أول الأمر أن تنبؤاته كانت مفرطة في التفاؤل أكثر من اللازم. وقد افتتحت سكة حديد ستوكتون، ودارلنجتون عام ١٨٢٥. ولكن استعمالها في أول سنة يوهن على أن القاطرات البخارية كانت تكاليفها أكبر بكثير من القطارات التي كانت تجرها الجياد كما كانت غير موثوق بها، وذلك لأن القاطرات غالباً ما كانت توقفها الرياح الشديدة. وزيادة على ذلك فقد كان الشعور العام غالباً ما كانت توقفها الرياح الشديدة. وزيادة على ذلك فقد كان الشعور العام معبأ بدرجة كبيرة ضد القاطرات البخارية التي أثارت على الأخص

حنق أصحاب القنوات. وطبعت نشرات تقول أن السكك الحديدية ستمنع البقر من الرعي والدجاج من البيض، وأنها في الحقيقة مناقضة لسنة الله.

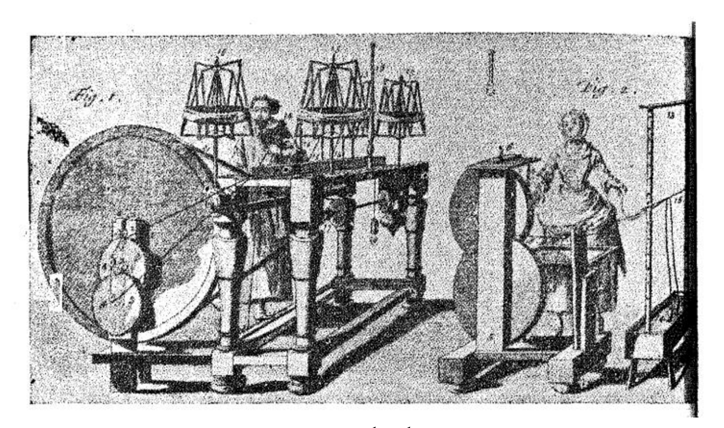
ومع ذلك واصل ستيفنسون وآخرون غيره إضافة تحسين بعد الآخر على القاطرة. وسار منشئو السكك الحديدية قدما بمشروعاتها. وحفروا الأنفاق في التلال وأنشئوا أميالاً من الخطوط الجديدة. وفي النهاية قدمت جائزة ألف جنيه لأحسن قاطرة. وقد ربح الجائزة ستيفنسون الذي بلغت سرعة قاطرته المسماة الصاروخ والتي قادها بنفسه **٣٥** ميلاً في الساعة.

لوحة رقم ١٧



قطار قديم للركاب ، **١٨٣٩**

لوحة رقم ١٨



آلات ميكانيكية قديمة للغزل

ويعد هذا النجاح بدءاً للسكك الحديدية الحديثة (لوحة ١٧) وقد قامت الملكة فيكتوريا برحلتها الأولى في قطار السكة الحديد عام ١٨٤٢. وربطت في العشر سنوات التالية مدن إنجلترا الرئيسية بالسكك الحديدية. وفي أثناء ذلك ابتدأت السكك الحديدية في القارة. وانهالت الطلبات على الشركات الهندسية في إنجلترا لتزويد القارة بالقاطرات والحديد. وعلى ذلك ازدادت صادرات إنجلترا، ومن ثم ثروتها بسرعة هائلة. إنها لم تصدر القاطرات فحسب. بل أن القاطرات نفسها التي ساعدت على تطويرها مكنتها من إرسال منسوجاتها إلى الأماكن البعيدة من العالم وأن تتلقى المنتجات الخام مقابل ذلك، وبذلك بدأ تفوق إنجلترا الصناعي.

وقد أحدث نجاح القاطرة البخارية تغيراً مفاجئاً في إحدى إمكانيات الإنسان الأولى، إذ أنه على الرغم من أنه تاق لأجنحة كأجنحة اليمامة كي يسبح في الجو، فإنه لم يستطع خلال العصور كلها إلا أن ينتقل بالسرعة التي تحملها بها قدماه أو جياده. أما في ذلك الوقت فإنه كان يستطيع الانتقال

أسرع من أحسن جواد، أو أحسن عربة يريد عشر مرات تقريباً. وأصبح في الإمكان كذلك للأخبار أن تنتقل بنفس السرعة. وأصبحت الأماكن الشديدة البعد على بعد عشر مسافاتها السابقة فعلاً. وعلى ذلك صار من الممكن مباشرة الإدارة في منطقة تبلغ مساحتها مائة مرة قدر المساحة التي كان يمكن ممارستها فيها قبل ذلك. وكان من نتيجة ذلك أن أصبح في الإمكان حكم اتحاد كبير من الشعوب كالولايات المتحدة والإمبراطورية البريطانية من عاصمة مركزية. ولذلك ففوق أن السكك الحديدية فتحت الباب على مصراعيه للتجارة، ووفرت المزيد من وسائل الراحة في وسائل الانتقال، فإنها لعبت دوراً مهمًا في ازدهار الجانب السياسي من مدينتنا الحالية.

٤ – القوة الآلية وصناعة المنسوجات

بينما كانت التحسينات في صناعة الحديد بإنجلترا تسير قدماً كانت هناك تطورات مهمة تأخذ مجراها في صناعة القطن. فقبل نسج القطن إلى قماش، يجب برم أليافه أو غزلها إلى خيوط طويلة. وقد ظل هذا الغزل يمارس بواسطة برمها بمغزل يدوي. ومع ذلك ففي سنة ١٧٧٠ سجل هارجريفس، نساج من بلاكبيرن دولاب غزله. وكان جهازاً يدار باليد يمكنه غزل عشرين أو ثلاثين خيطاً في المرة الواحدة. وفي سنة ١٧٦٩ سجل آركريت من بريستون اختراعاً لسحب ألياف القطن وتحويلها إلى غزل قطني بواسطة نول غزل. وقد جعل هذا من الممكن غزل كثير من الخيوط بسرعة وبأية رقة مطلوبة أو قوة. ويمكن مشاهدة كثير من أنوال الغزل الأصلية القديمة في متحف العلوم في سوث كينسنجتون.

وكان أول مصنع غزل أقامه أركريت يدار بواسطة الخيل. ولكن المصانع التي أقيمت بعد ذلك استخدمت قوة الماء في إداراتها، أي الماء المنحدر من مستوى أعلى الذي يستخدم في إدارة العجلات. وسرعان ما افتتحت مصانع غزل مائية في مناطق عديدة، وتقدمت صناعة النسيج بخطى واسعة.

ولكن أصحاب المصانع بدءوا يسمعون عن آلة وات، واستعملت الآلة البخارية في مصانع القطن في المناطق التي يندر فيها الحصول على قوة مائية. وعندما ازدهرت المعرفة الهندسية أنشئت آلات غزل أفضل، وحلت الآلات المصنوعة من الحديد تدريجياً محل الآلات المصنوعة من الخشب. وأصبح في مقدور الصناع علاوة على ذلك إرسال بضائعهم بسرعة بواسطة السكك الحديدية حينما عم استعمال القاطرة البخارية، وهذه التحسينات الفنية العديدة تفاعلت مع بعضها البعض بدرجة ممتازة جداً وأحدثت تلك التغييرات التي غالباً ما يشار إليها باسم الثورة الآلية. وأثرت النتائج التي تولدت عن هذا في صناعات إنجلترا في حياة الناس حتى أصبح التغيير يعرف باسم الثورة الصناعية. لقد بدأت الحركة في إنجلترا، ثم امتدت بعد ذلك إلى القارة الأوروبية، والولايات المتحدة. وقد أثرت في حياة الناس جميعاً، وجلبت في أثرها شراً وخيراً. ولكن هذا التغير على وجه العموم جعل الحياة أكثر أمناً ويسراً عن ذي قبل.

الفصل السابع

العلم كعامل في التغيير الاجتماعي

إن التغيرات العديدة التي تندرج تحت مفهوم الثورة الصناعية كانت ترجع إلى أسباب متداخلة بعضها في بعض سنحاول الكشف عن بعض منها. ويجب أن نذكر أولاً أن نواحي التقدم العلمية العظيمة في القرن السابع عشر لم يتفهمها إلا فئة قليلة من العلماء، إذا في تلك الأيام كانت هناك أعداد كبيرة من الناس في جميع ممالك أوربا لا يستطيعون القراءة أو الكتابة، وإنه لحق أن محاولات عديدة بذلت في إنجلترا أثناء القرن الثامن عشر لترويج فلسفة نيوتن وللمساعدة على نشر التعليم بين الفقراء ولكن هذه المجهودات لم تصل الغالبية العظمى من الناس. ونتيجة لذلك فقد كان أحد آثار المعرفة الجديدة ذات النتائج البعيدة المدى توسيع الهوة بين المتعلم والأمي وبين الفقير والغني.

وبالطبع لم يكن الأغنياء قط دائماً من المتعلمين، إذ غالباً ما كان المتعلمون فقراء، ولكن الاتجاه كان يميل نحو هذا التقسيم الحاد للطبقات الاجتماعية. وأحدث تحالف العلم والقوة الذي تميز به غرب أوربا تغيرات تشريعية شعرت بها الطبقات الاجتماعية كلها. ولكن لم تكن أعظم التغيرات المدهشة ناتجة عن مجرد التغيرات العلمية، بل عن استغلال هذه التغيرات في خدمة الصناعة. ولذلك فعلى الرغم من أنه كان هناك ميل في النصف الأول من القرن الثامن عشر لتحويل الإنتاج المنزلي ذي النطاق الضيق إلى إنتاج تقوم به مؤسسات أكبر، فإن هذا التغيير حدث بسرعة أعظم بكثير بعد

اختراع الآلة البخارية. وأحدث بعد ذلك استخدام الآلة البخارية في النقل وفي إدارة آلات النسيج تغييرات في وسائل المعيشة وفي قوة العمال الكسبية كان من شأنها أن تغير طابع الحياة الصناعية بأجمعه.

وبذلك تحولت إنجلترا من أرض تزخر بالقرى، أرض عمال يدويين يعملون داخل منازلهم، أرض ذات أسواق محلية، إلى أرض صناعية عظيمة ذات علاقات تشمل العالم كله. وقد بدأ هذا التغيير في إنجلترا، ولكنه اتخذ طريقه بعد ذلك إلى قارة أوربا، محدثاً أثره بعد ذلك في المدينة الغربية كلها.

وكانت الملامح الرئيسية للحياة الاجتماعية الجديدة الناشئة عن هذا، هي ازدهار إنتاج المصانع، وإقفار الريف، وازدحام المدن والزيادة الهائلة في السكان. ويجب علينا الآن أن نتدبر هذه المظاهر بدورها محاولين أن نكتشف أين كان العلم عاملاً مساهماً وأين كانت المعرفة العلمية عوناً للناس في المشاكل الجديدة التي كان عليهم أن يواجهوها.

١ ـ الإنتاج المصنعي

إن صناعة القطن التي نمت بدرجة هائلة بعد اختراع آلات الغزل وجدت فحسب منذ افتتاح طرق التجارة مع أمريكا. ومن جهة أخرى ازدهرت صناعة الصوف في إنجلترا منذ القرن الرابع عشر. وعلى ذلك كانت صناعة أقدم بكثير وذات جذور عميقة في حياة الناس، ولذلك استمرت تمارس في المنازل بالطرق القديمة باليد بعد استخدام الآلات في نسج القطن بوقت

طويل. ويذكر كثير من الناس وصف جورج إليوت[1] في قصته "سيلاس مارنر" ندف الصوف كعمل مألوف في مزارع أوائل القرن التاسع عشر.

ومع ذلك فقد جعلت الآلات التي تدار بقوة البخار نسج القماش رخيصاً بدرجة أن وجد التاجر الوسيط الذي اعتاد شراء بضاعته من الصناع الذين كانوا يصنعون النسيج في منازلهم من الأفضل له الاتجاه مباشر لأصحاب المصانع. ولذلك فقد قضى في النهاية على صناعة نسج الصوف في المنازل، وحل محلها العمل في المصانع. وفي أثناء ذلك كانت صناعات القطن والمعادن تنمو يوماً بعد يوم. وقد لوثت المداخن الهواء بما كانت تخرجه من دخان، وشوهت أكوام الخبث منظر الريف الجميل. وكان العمال يتكدسون في مصانع النسيج وغيرها من المصانع حيث كانت الآلات التي يعمل عليها كثير من العمال تدر ثروة إنتاج لم تكن معروفة من قبل.

ومع ذلك علينا أن نتذكر أن استخدام أفواج كبيرة من العمال لم يكن أمراً جديداً، فقد كان من الضروري تجميع مئات من العبيد سنوياً لتشييد الأهرام وطرق روما القديمة. أن الذي استجد فقط إنما هو نوع العمل الذي كلف العمال، به لقد كان العبيد يعملون والسياط على ظهورهم بعضلات مجهدة والعرق يتصبب من جبينهم. وزيادة على ذلك فقبل أن تستعين الصناعة بالآلات كانت الغالبية العظمى من الرجال والنساء في جميع أنحاء أوربا يقضون حياتهم كلها يعملون لمجرد سد ما هو دون الكفاف من حاجاتهم من الطعام المأوي. ومع ذلك فبمرور الزمن قلل الإنتاج على نطاق

() [1] الاسم القلمي للأديب الإنجليزي مارلان ايفانز (١٨١٩ – ١٨٨٠) الذي ألف عدداً من القصص المشهورة من بينها دانيال ديروندا، وسيلاس مارتر.

واسع من عناء الإنسان الجسدي، ورخص ضروريات الحياة، وأنقذ الآلاف من الفقر المدقع، ولذلك فقد صارت الآلة من ناحية ما عبداً للإنسان.

٢ – تغييرات في الزراعة

لم تشهد السنين الأخيرة من القرن الثامن عشر تقدماً كبيراً في صناعات إنجلترا فقط. بل حدثت هناك تغيرات عظيمة في زراعتها أيضاً. وحتى هذا الوقت كان الفلاحون يواصلون عملهم متبعين كثيراً من نفس الطريقة التي سار عليها أسلافهم في العصور الوسطى — كانوا يزرعون الأرض قمحاً مدة عامين ويتركونها بوراً لاستخصابها عاماً. وكان هذا بالطبع معناه أن ثلث أرضهم كانت دائماً بلا جدوى، ولكن الفلاحين أدركوا في النهاية أن أرضهم يمكن زراعتها لفتاً أو برسيماً بدلاً من تركها بوراً، وأمدهم هذا الطبع بطعام لماشيتهم خلال الشتاء. ولذلك استطاعوا الحصول على لحم طازج، ولم يعد من الضروري ذبح كثير من أنعامهم في الخريف لتزويدهم بلحم مملح ليستعملوه في الشتاء كما كانوا من قبل يفعلون.

وكانت إنجلترا مكتفية ذاتياً حتى نهاية القرن الثامن عشر فيما يختص بجميع المواد الغذائية الأساسية، وكانت تزرع في الحقيقة قمحاً يزيد عن حاجتها. ولكن كان عدد سكانها قبل هذا الوقت يزداد ازدياداً سريعاً وكان عليها أثناء الحروب النابليونية بالإضافة إلى إمداد جيوشها بالأطعمة في الخارج أن توفر الغذاء لعدد أكبر من الناس في الداخل وعلى ذلك تحتم عليها أن تزرع المزيد من القمح، وأن تزيد كثيراً من رقعة الأرض الزراعية. وهنا تدخل التشريع الذي قضى بتخصيص كثير من الأرض البور لزراعة القمح. وقد استمر بين الحين والحين تخصيص مساحات كبيرة من الراضي العامة التي

كان يستعملها الفقراء لرعي الماشية مئات من السنين. وجعلت الأحوال التي سادت أوائل القرن التاسع عشر مثل هذه الإجراءات أكثر حتمية.

وعلى ذلك فكان لا بد فجأة من تهيئة أراضي كثيرة للزراعة. لقد علم المستوطنون الهولنديون الفلاحين الإنجليز كيف يصرفون المياه الزائدة في أراضيهم بواسطة حفر المصارف. وهرع العلم أيضاً لنجدتهم، واستخدمت الآلات البخارية في ضخ الماء من مئات الأفدنة في المستنقعات. وبهذه الطريقة أصبح كثير من الأرض منتجاً. ومد العلم لهم أيضاً يد المعونة بطريقة غير مباشرة بتهيئة الآلات الزراعية. واستخدمت في ذلك الحين التحسينات العظيمة في صناعة المعادن التي خصصت لصناعة آلات النسيج في صناعة محاريث وآلات حصاد أحسن. وعلى ذلك أصبح في حيز الإمكان القيام. بزراعة مثمرة. وسرعان ما أصبح هناك إنتاج متزايد بدرجة هائلة.

ومع ذلك ظلت هذه التحسينات سنيناً دون أن يشعر الناس بها وقد سببت الأحوال المضطربة التي أعقبت حروب نابليون تقلبات في أسعار القمح والمواد الغذائية الأخرى. وكان هناك الكثير من المحاصيل الرديئة مما أدى إلى إفلاس كثير من صغار المزارعين. ونتيجة لذلك لم تجد أفواج كبيرة عملاً في الزراعة، ولذلك هرعوا إلى المدن تاركين الريف مقفراً. وقد بلغت هذه الأحوال من السوء مثلما بلغت أحوال الفلاحين الأيرلنديين التي صورها جولد سميث قبل ذلك بخمسين عاماً تقريباً في قصته «القرية المهجورة».

٣ ـ الاندفاع صوب المدن

وجد القادمون الجدد إلى المدن حياتهم عسيرة جداً أول الأمر، وتتطلب الأحوال الجديدة للحياة الاجتماعية وقتاً معيناً لتمثيلها. وغالباً ما

يقاسي الناس كثيراً في مراحل الانتقال، وكان الأمر كذلك في عشرات السنين الأولى من القرن التاسع عشر. وكانت ترجع هذه المحنة إذن من جهة إلى اضطراب أحوال العمل الذي أعقب الحروب النابليونية، ومن جهة أخرى إلى الأراضي التي خصصت لزراعة القمح، ومن جهة ثانية إلى الانتشار السريع للآلات الموفر للجهد، إذا كان معناه أن أصبح كثير من عمال النسيج الذين كانوا يقومون بالنسيج في منازلهم بلا عمل. وقد حاول العاطلون أن يجدوا عملاً في الأراضي الزراعية، وكان هذا مستحيلاً في كثير من المناطق بسبب محنة الفلاحين.

وكان من الصعب على أية حال تحول الإنسان من الغزل إلى عزق البطاطس، كما كان من الصعب على العامل الذي تخشنت يداه أن يتعلم العمل الذي يحتاج إلى مهارة أكثر والذي تتطلبه المدن. وعلى ذلك قاست الآلاف الكثيرة لا لذنب جنوه، وذلك بسبب أنهم أصبحوا بلا حول ولا قوة أمام التغيرات الاجتماعية. وقد وجدوا متنفساً لآلامهم في القيام بهجمات جنونية على الآلات نفسها، وبإحراق أكوام الدريس ومباني المزارع. وهناك صورة كئيبة لتلك الأيام في قصة آلتون لوك لشارلز كنجسلي، وفي قصة شيرلي لشارلوت برونتي، وفي مسرحية محطمي الآلات، وهي تمثيلية كتبها ممثل ألماني حديث يدعى إيرنست تولر.

وعلى ذلك فعلى الرغم مما داهم الأفراد من محن، فإن تجارة إنجلترا الخارجية – ومن ثم ثروتها – كانت في ازدياد سريع. وكان عدد سكانها أيضاً ينمو سريعاً، وتضاعف بين سنتي ١٧٦٠ و ١٨٣٠، ومع ذلك كان معدل هذه الزيادة أكبر بكثير خلال النصف الأول من حكم الملكة فيكتوريا. ومع الزيادة في ثروة البلاد نشأ المزيد من المؤسسات الصناعية التي كانت تعتمد

في قيامها على حوزة قليل من الناس لمال احتياطي – أو بمعنى آخر رأس المال. وقد بنيت مصانع كثيرة. كما استخرجت كميات أكثر من الفحم والحديد من كنوز الأرض المدفونة التي كانت تبدو كأنها لا تنفد.

وأجبر أصحاب الأعمال الذين كانوا لا يفكرون إلا في الإنتاج الرخيص على أن يعمل العمال ساعات كثيرة. وكانت اليد العاملة رخيصة، إذ كان هناك الكثير من العمال وحتى الأطفال يستخدمون في مصانع الأنسجة والآلات بشروط تبدو لنا اليوم شروطاً مرعبة. ومع ذلك كانت الأحوال في مناطق التعدين أسوأ من ذلك. لقد اعتادت النساء أن تجر العربات في المناجم، وكانت أحوالهن المعيشية سيئة بدرجة أن ساءت صحة الكثيرات منهن بدرجة كبيرة. ونشأ أطفالهن جهلة أميين، وقد أخرس نقص التنظيم السنة المعانين، وسبحت في سماء إنجلترا سحابة معتمة من اليأس أسود من الدخان المتصاعد من مداخن مصانعها.

ولكن لا يمكن إلقاء المسئولية في هذا على عاتق العلم. إنه لحق أن العلم التطبيقي قد أعطى الإنسان قوة البخار التي فتحت الطريق أمامه لصناعة على مجال واسع. وكان هذا في النهاية ذا ميزة للغالبية العظمى من الناس، ولكن اطراد التسهيلات الخاصة بالصناعة كان سريعاً بدرجة أن التغيرات الاجتماعية الضرورية لم تستطع أن تسايره، ولذلك كان لا مندوحة عن وجود الكثير من المعاناة. وكان الكثير من هذه المعاناة أيضاً راجعاً إلى ما تميز به الِأشرار من طمع. ولكن بصرف النظر تماماً عن هذه الاعتبارات تبرز الحقيقة التي تتلخص في أنه كان هناك حافزاً وراء هذا التغيير، وكان هذا الحافز هو الحافز الطبيعي في الإنسان لاكتساب المزيد من المال. وحينما صنع المخترعون الأول آلات يمكنهم بواسطتها تشغيل عدة آلات غزل في نفس

الوقت رأوا أن هذا معناه مضاعفة كسبهم وكان نفس الدافع هو الذي دفع بسكان الريف الأكثر ذكاء يبحثوا عن عمال في المدن حيث كانت هناك فرصة للعمل المستديم على مدار السنة كلها على الرغم من أحوال العمال السيئة.

وعلى ذلك انتقلت إنجلترا في مدى أجيال قليلة من كونها بلداً تتكون الغالبية العظمى من سكانها من أهالي الريف إلى بلد تكدس سكانه، الآخذون في الزيادة بسرعة عظيمة في المدن. وحدثت حركات مشابهة في الممالك الأخرى. وما أن بدأت تلك التغيرات حتى اندفعت في طريقها قدما كلما مرت الأيام ولم يستطع شيء إيقاف سيرها.

وبما أن العلم تقدم خلال القرن التاسع عشر، فقد نشأت صناعات جديدة كثيرة نظمت على نطاق واسع من البداية. وعلى ذلك لم يكن من المستطاع إطلاقاً إقامة صناعة غاز الاستصباح من الفحم التي بدأت في إنجلترا عند مطلع القرن، والتي كانت تتضمن تقطير الفحم وتجميع المنتجات وتنقيتها على نطاق ضيق. ومع نواحي التقدم التي تمت في الكيمياء أدخلت تحسينات على صناعة الصابون والصودا ومواد التبييض. وكانت تتطلب كل هذه الصناعات وكذلك الصناعات المعدنية النامية والتطورات الهائلة في مجال التكنولوجيا الكهربية التي تمت في السنين الأخيرة من القرن التاسع عشر نظماً لتشغيل المصانع.

ونتيجة لذلك أخذ العمال يتخصصون أكثر فأكثر في كل إنجلترا والقارة الأوربية، وقامت الصناعات المتشابهة بجوار بعضها البعض جامعة بذلك

آلاف العمال، ونشأت مدن جديدة، وصار المصنع أحد ملامح الحياة المألوفة لأوربا الصناعية.

٤ أفكار اجتماعية جديدة

كان سير الحوادث الذي أعقب استعمال آلات الغزل لأول مرة حثيثاً حقاً، والتغيرات التي نتجت عن هذا في الحياة اليومية جعلت الناس يمعنون الفكر، وتولدت عن هذا أفكار جديدة، وقد رأى أصحاب البصيرة من الناس أن القواعد القديمة والقوانين القديمة أصبحت أشياء بائدة مع تزايد السكان الذين يعيشون غالباً في المدن الكبيرة، ويمارسون أعمالاً متباينة تبايناً شاسعاً عن الأعمال التي كان يمارسها أجدادهم، ولذلك كثيراً من رجالات الفكر يسبرون من جديد غور مشاكل جوهرية من مشاكل الثروة، والسكان، والرعوية، والتجارة، وأعمال المصارف والنقود، والصناعة[1]. وكان الاتجاه العلمي الذي بدأ في الكتابات السياسية للقرن السابع عشر لا يزال أكثر وضوحاً في تلك الكتابات التي أعقب الثورة الصناعية.

ومن رجال الفكر في هذا الوقت الذين أثرت أفكارهم في التشريع وفي مجرى الحوادث فيما بعد سنتناول واحداً فقط هو جيرمي بنثام (١٧٤٨ – ١٨٣٢)، إذ أن الأفكار التي تندرج تحت كثير من خدماتنا العامة في الوقت الحالي إنما هي أفكار صدرت عنه أو عن أتباعه المباشرين.

---

(١) على سبيل المثال ظهر هذا مؤلفات كمؤلف بحث في طبيعة وأسباب ثروة الأمم بواسطة آدم سميث «الصادر في لندن عام ١٧٧٦ في مجلدين» ورسالة موضوع السكان لتوماس مالتوس (لندن ١٧٨٦) ومؤلفاته دافيد ريكاردو. (لندن ١٨١٧)

ويتجلى الاتجاه العلمي في التفكير في جميع كتابات بنثام. لقد حاول عقد مقارنات بين العلوم الاجتماعية والعلوم الطبيعية. واستعمل الطرق الكمية كلما وجد إلى ذلك سبيلاً، وحلل تفاعل القوى في الحياة الاجتماعية مخلصاً الحقائق من تعقيداتها العاطفية، ومستمداً نتائجه من الحقائق فحسب.

وكان بنثام رجلاً صافي الذهن، مع تمكن مدهش من التفاصيل، وقوة دافعة كبيرة. وحيث أنه درس القانون، كما كان يمتاز بقيامه بأسفار سابقة، فقد استطاع عقد مقارنات بين النظم القانونية المختلفة. وكان مبدؤه الأساسي: إن السعادة العظمى لأكبر عدد من الناس هي مقياس الصواب أو الخطأ. وعلى ذلك كان المحك الدقيق الذي وضعه لاختيار كل النظم الاجتماعية هو: أتؤدي هذه النظم إلى السعادة العظمى للغالبية العظمى من الناس، أتحمل خيراً للناس الذين يعنيهم الأمر، أم هي مجرد تدعيم لبعض التقاليد البالية؟ وهل هي بمعنى آخر مفيدة حقاً؟ ولكنه حينما أجرى هذا الاختيار على كثير من النظم الموجودة حينئذ بالنسبة للحكومة. والقانون الجنائي وأحوال العمال، والنظم الأخلاقية والطرق المتخذة للمحافظة على صحة الناس وجدها ناقصة.

ولذلك ابتكر بنثام خططاً جديدة. وكان بليغاً في تباينه أن الإجراءات التي تتخذها السلطات العامة لحماية صحة الناس يجب توجيهها لا إلى معالجة المرض، ولكن إلى الوقاية منه، وكان هذا المبدأ الذي اتبعه أتباع بنثام بإخلاص أساس كل تشريعات الصحة العامة التي صدرت فيما بعد. وقد وضع بنثام أيضاً نظاماً سياسياً جديداً، يكون للجميع بمقتضاه الحق في الإدلاء بأصواتهم. وعلى الرغم من أن مثله الأعلى لم يتحقق بعد، فقد كان بنثام ذا أثر كبير في إحداث ذلك الإصلاح الكبير في الدستور البرلماني بدأ تنفيذه

عام ١٨٣٢، وهي السنة التي توفي فيها. وكانت أفكار بنثام وراء أول محاولات بذلت لتحسين أحوال عمال المصانع، وقد صدر أول تشريع هام سنة ١٨٠٢ وكان عنوانه: تشريع خاص بالمحافظة على صحة وأخلاق صبية المصانع، وغيرهم من العاملين في مصانع القطن وغيرها من المصانع. وقد كشفت لجان حكومية للاستقصاء بعد ذلك عن الحالة المحزنة لعمال المناجم ولعمال المصانع الآخرين، وأجرت عدة إصلاحات مهمة.

٥ نشأة سياسة الصحة العامة

لقد كانت هناك بالطبع محاولات لمعالجة المهمة الشاقة مهمة المحافظة على الصحة العامة قبل زمن بنثام، فمثلاً اضطرت الأمراض الوبائية الكثيرة لحدوث أثناء العصور الوسطى الناس الذين أصابهم الذعر إلى منع انتشار الوباء بقدر الإمكان بغزل المصابين[1]. ولكن مثل تلك المحاولات كانت في العادة إجراءات تتخذ في الحالات الطارئة فقط عندما يكون المرض ناشباً أظفاره بين الناس. ولم تبذل مدى قرون محاولة لدراسة الأحوال التي يتقي بها المرض، ويمكن التأكد بها من وجود سكان أصحاء. وطالما كانت غالبية الرجال والنساء باقية على اعتقادها أن المرض إنما هو عقاب لما اقترفوه من ذنوب فلم تكن هناك أية دراسة للمرض قائمة على أساس معقول. وطالما كان اعتقاد الأطباء أن علاج المرض ينحصر في نصيحة مفيدة. وزجاج دواء، لم يكن في الإمكان وجود دراسة منظمة لآثار المرض بين أعداد كبيرة من النساء، ولكنه بمجرد اتباع المنحى العلمي أمكن الوصول إلى نتائج محددة.

---

(١) لقد ترك النظام الذي كان يقضي على الأشخاص القادمين المشتبه فيهم الانتظار أربعين يوماً قبل دخولهم مدينة ما أثره في اللغة في كلمة «الحجر الصحي».

وعلى ذلك فإننا نجد بالفعل في القرن السابع عشر بدأ علم الإحصاءات الحيوية، أي الاحتفاظ بسجلات مضبوطة للمواليد، والوفيات، والحالات المرضية. وكان من الممكن للسلطات مع وجود أرقام تعتمد عليها وضع قواعد للمحافظة على الصحة العامة. ولم تتضح التفسيرات التامة لمثل تلك السجلات إلا فيما بعد. وقد تكشفت مع ذلك في نفس الوقت حقائق مهمة كثيرة من واقع سجلات الجيش، والأسطول، والسجون حيث كانت هناك أعداد كثيرة في تغذية المرضى، والصحة العامة، والوقاية من العدوى، وتعد هذه هي الخطوات الأولى في الطب الوقائي.

ويعرف كل إنسان اليوم أن بعض الأمراض ترجع إلى كائنات حية دقيقة تنتقل من إنسان لآخر، ولدى رجال العلم اليوم وسائل لدراسة هذه الكائنات الحية في المعمل، والتحكم في نموها وإيقافه. ومع ذلك ففي القرن الثامن عشر لم يقم الدليل على وجود مثل تلك الكائنات الحية المسببة للأمراض. وعلى الرغم من ذلك فقبل أن تقام الأدلة العلمية المحضة، بينت استنتاجات استقيت من التجربة بإضافة إلى سجلات لأعداد كثيرة من الحالات الطريق إلى إصلاحات مهمة. فقد تم هناك مثلاً عمل رائد في الطب الوقائي كان الفضل فيه يرجع إلى سيرجون برينجل (١٧٠٧ – ١٧٨٢) وأدت خبرة برينجل الواسعة كطبيب معسكرات ومستشفيات الجيش إلى تعرفه على حمى السجن، التيفوس التي أطلق عليها حمى المستشفيات. وكان انتشار الأمراض المعدية التي يصاب بها كثير من الناس أمراً شائعاً في أيامه بدرجة أن تقبل الناس هذا الأمر كشر لا بد منه. ومن هنا أتت نفس الأسماء «حمى المستشفيات» أو حمى السجون ومع ذلك اعتقد برينجل أنه من الممكن الوقاية من انتشار تلك الأوبئة. لقد لاحظ أن المرض غالباً ما يصحبه تعفن،

وعلى ذلك زود المستشفيات التي كانت تحت إداراته بمجاري مناسبة وبمياه نقية. واقترح فعلاً الوقاية من التعفن بواسطة مواد مطهرة، وذلك قبل أن يقام الدليل على الأصل الجرثومي للمرض بمائة عام.

وكمثل آخر للمشاهدة التي تعتمد على حسن الإدراك السابق الدليل العلمي يمكننا أن نذكر علاج الإسقربوط ذلك المرض الذي اعتاد أن يصبب الناس في البر والبحر. ومع ذلك قلت في القرن الثامن عشر الحالات التي تحدث في البر قلة كبيرة. وذلك بسبب التطور العظيم الذي حدث في الزراعة والذي كان من شأنه إمداد الناس بلحم من نوع أجود وبكميات وافرة من الخضروات الطازجة. وعلى الرغم من ذلك ظل هذا المرض مرضاً عضالاً مميتاً في الغالب بين البحارة. وكان تفشيه أثناء الرحلات البحرية الطويلة يظن بحق أنه راجع إلى الغذاء غير المناسب لبحارة السفن. وأنه لم يتيسر إيجاد علاج للإسقربوط بين البحارة حتى الوقت الذي ظهر فيه طبيب بحري يدعى جيمس لايند (١٧١٦ – ١٧٩٤).

وصف لايند إضافة فاكهة طازجة أو عصير ليمون إلى غذاء رجال البحر وعندما اتبعت نصيحته لم يعد يصاب الناس بالإسقربوط. ونصح لايند كذلك بضرورة تقطير ماء الشرب. وكانت السفن حتى عصره تأخذ الماء دون تمييز من أية ثغور ترسو عليها. ولهذا السبب كانت هناك دائماً نسبة وفيات عالية بين البحارة من أمراض متعددة مصدرها الماء مثل الكوليرا والتيفود. ونتج عن الاحتياطات التي نصح بها لايند تحسن سريع في صحة البحارة. وقد اتبعت القواعد التي وضعها في إحدى الرحلات البحرية للكابتن كوك (١٧٢٨ – ١٧٧٩) مكتشف أستراليا. وفي رحلة في البحار الجنوبية استغرقت ثلاثة أعوام لم تكن هناك حالة مرضية واحدة راجعة إلى الإسقربوط،

أو إلى أي مرض من الأمراض الأخرى التي كانت تجعل الحياة في البحر فيما مضى تتعرض لأخطار جسيمة.

وعلى ذلك فقد توصل الناس إلى إدراك أهمية الماء النقي قبل بحث الحالات المعروفة بالكوليرا والدفتريا والتيفوس. ونتيجة لذلك طالب الناس بإمداد المدن بماء أفضل. وقد رؤي أن الآبار العميقة أو الينابيع كانت المصادر الأقل تعرضاً للتلوث كما تجنب الناس جميع المياه السطحية. ومورس نظام ترشيح جميع المياه المخصصة للشرب على نطاق واسع في أوائل القرن التاسع عشر، وقد ظل هذا النظام منذ ذلك الوقت هو الطريقة العادية لتطهير الماء.

وبدأ تحسن عام بالنسبة صحة المدن في السنين الأخيرة من القرن الثامن عشر، فقد وسعت الشوارع ورصفت رصفاً أفضل، وغطيت المجاري المفتوحة التي كانت تنساب من قبل مخترقة الشوارع. ونتج عن مثل تلك الإجراءات الصحية الواضحة بالإضافة إلى بناء بيروت أقوى من الآجر والحجر الاختفاء التدريجي لعديد من الأمراض. فمثلاً اختفى نوع من أنواع الطاعون الذي تحمله براغيث الفئران، وذلك حينما لم تعد الفئران تقرض طريقها إلى داخل المساكن. وقلت الإصابة بالتيفود والأمراض الأخرى الناشئة عن الماء الملوث بدرجة كبيرة حينما توفرت كميات الماء النقي والمجاري الملائمة، ووسائل التخلص من زبالة المنازل وقاذورات البلاليع.

واتخذ الكثير من مثل تلك الإجراءات نتيجة لتشريع الصحة العامة الذي صدر عام ١٨٤٨ والذي أنشئت بمقتضاه مصلحة حكومية جديدة هي مصلحة الصحة العامة. وقد صدر هذا التشريع نتيجة للأبحاث التي قامت

على قدم وساق بواسطة تلاميذ جيرين بنثام عن أحوال المساكن وصحة سكان المدن الكبرى الفقراء.

وكانت إحدى مهام المصلحة الاحتفاظ بسجلات للمرض، وحينما بدأت المصلحة مهامها تفشي مرض الكوليرا في إنجلترا عقب انتشار وباء أشد سوءا في القارة، وكان عدد الموتى مرعباً. ومع ذلك فإن ما تجمع من بيانات كان كافياً لأن يظهر أن انتقال العدوى تم عن طريق مياه الشرب، ومن ذلك الوقت فصاعداً عملت السلطات ترتيبها على إمداد السكان بكميات أوفر من ماء الشرب النقي. وسرعان ما قضى على المرض. والكوليرا غير معروفة الآن في إنجلترا وفي بقاع كثيرة من بلاد أوربا، ونتج عن نواحي التقدم العلمية التي حدثت بعد هذا والتي استخدمت استخداماً مباشراً في الحاجات اليومية خدمة أخرى ندرجها الآن ضمن الصحة العامة مثل الإجراءات الوقائية ضد أمراض الماشية. ومراقبة كميات اللبن المباعة. وتحليل المواد الغذائية، وفحص أطفال المدارس طبياً.

واتبعت طرق المحافظة على الصحة العامة التي اتخذتها إنجلترا في ممالك أخرى مع اختلاف في التشريع الفعلي لكل دولة، ولكن المرض لا يعرف حدوداً، والوقاية منه ذات أهمية عالية، ولذلك فالاتجاه الحالي هو معالجة مشكلة الوقاية من المرض لا من وجهة النظر القومية فحسب، بل من وجهة النظر الدولية. ومن الواجب علينا أن نتعشم بخصوص هذا كما نتعشم بالنسبة للمسائل العلمية الأخرى أن تتكاتف الأمم وتعمل سوياً.

ويعود بنا موضوع الصحة العامة إلى إحدى مميزات الثورة الصناعية، وهي نشأة المدن الكبرى، ويميل أولئك الذين يفكرون في الريف كمكان

لقضاء أجازة سارة لأنهم يعتقدون أن شرور الحياة أصبحت بالضرورة أسوأ بعد قيام المدن الكبيرة. ولكننا نجد عند إمعاننا النظر في الحقائق أن الأمر لم يكن كذلك، إذ أن الذين هرعوا إلى المدن أصبحوا في نهاية الأمر أيسر حالاً عما كانوا من قبل. كانوا في الريف يعيشون في منازل ريفية رطبة غير صحيحة، وكانت طرقهم لا يمكن عبورها شتاء، وكانوا يعملون في مواسم معينة فقط، وكانت أجورهم ضئيلة. وساعدت مثل تلك الأحوال على إيجاد مستوى صحي منخفض. وقد وجد نفس العمال هؤلاء في النهاية عملاً في المدن طيلة العام، وذلك على الرغم من أن أحوال العمال كانت في مبدأ الأمر أحوالاً شديدة القسوة. وكانت لديهم أيضاً في المدن فرصة أفضل للحصول على المعونة الطبية، وعلى ذلك اعتنى بالأطفال عناية أفضل.

إن التحسينات الأولى التي تمت في مجال العناية الصحية في المدن، بالإضافة إلى توفر كميات أفضل من مواد غذائية متنوعة ناتجة عن التحسينات التي أدخلت في الزراعة ووجود وسائل نقل أفضل، كل هذه كانت ذات أثر طيب في صحة الناس. ويتضح هذا من الإحصاءات الحيوية في ذلك الوقت، وعلى ذلك فحوالي سنة ١٧٤٠ كان معدل وفيات الأطفال في إنجلترا قبل الثورة الصناعية مرتفعاً جداً، وكان يموت من كل مائة طفل خمسة وسبعون قبل سن الخامسة. أما في مبدأ القرن التاسع عشر فقد انخفضت النسبة إلى ٤١% وهي نسبة مرتفعة طبقاً لمقاييسنا الحالية، ولكنها تمثل تحسنا هائلاً بالنسبة للأوقات السالفة.

٦ التقدم في علاج المرضى

تطلب نمو سكان المدن الكبيرة الذي أعقب الثورة الصناعية كما قد

رأينا إجراءات معينة بالنسبة للصحة العامة، وبذلك أبرز إلى المقدمة مشكلة علاج المرضى برمتها. وموقف الإنسان حيال المرض يتوقف باستمرار على الاعتقادات السائدة، فمثلاً يضرب المريض في وسط إفريقيا علقة ساخنة حتى اليوم، وذلك لأن المواطنين يعتقدون أن من شأن هذا أن يطرد الروح المسببة للمرض، وقد ظل الناس قروناً في أوربا يعتقدون أن المرض راجع إلى زيادة في سخونة الدم. وتبعاً لذلك فقد كان العلاج هو أخذ دم من المريض مهما كان نوع المرض. ومن حسن الحظ أن المصابين من المرضى كانوا غالباً ما يبرؤون، إذ أن القدرة الشفائية للطبيعة عظيمة جداً. ولكننا نستطيع الآن نحن الذين نعيش في هذا العصر أن نشعر بالامتنان لأن المنحى المعقول للعلم قد جلب معه طرقاً أخرى لعلاج المرضى.

وحينما اهتدى الناس إلى طريقة التجربة والمشاهدة كوسيلة لاكتشاف الحقيقة سعوا إلى تطبيق مثل تلك الطرق على مشاكل المرض؛ ففي القرن السابع عشر مثلاً أخلت تحسينات كثيرة على تعليم طلاب الطب، وأصبح التعليم المعملي عاماً في كثير من مدارس الطب الكبيرة في القارة، وشجع الطلاب على مراقبة الحالات بجوار أسرة المرضى. وخلال القرن الثامن عشر اكتسب رجال العلم والأطباء الذين يمارسون المهنة رصيداً علمياً عن وظائف الجسم وحينما استخدم مثل هذا العلم في علاج المرض والوقاية منه لعب دوراً جوهرياً في تقدم مدن غرب أوربا الآهلة بالسكان.

ومن المهم أن نتذكر أن العلاج الطبي كان عليه أن ينتظر تقدم العلم ليحظى بوسائل معينة. فمثلاً على الرغم من أن توقيت النبض استخدمه الأطباء من زمن بعيد، إلا أنه لم يكن لديهم حتى حلول القرن التاسع عشر ساعات مجهزة بعقارب الثواني. وكذلك فإن الترمومتر الطبي هو الآن وسيلة

لا غنى عنها في جميع حالات التمريض لم يكن ميسوراً حتى أرت الكيمياء والطرق الفنية التي تحسنت كيفية صناعة زجاج يتمدد وبذلك يهيئ قراءة ترمومترية دقيقة. ولم تصنع مثل تلك الأجهزة إلا في القرن التاسع عشر. وزيادة على ذلك فإن الكلوروفورم وهو أعظم المواد المخدرة نغماً لم يعزل حتى سنة ١٨٣١، وأصبح كثير من المواد التي استخدمت في إيقاف التعفن، تلك المواد التي نسميها المطهرات، ميسورة فقط عن طريق نواحي التقدم التي تمت في الكيمياء في القرن التاسع عشر.

وكمثل من أمثلة الأبحاث المدهشة في مجال الطب في القرن الثامن عشر يمكننا أن نذكر عمل جون هنتر (١٧٢٨ – ١٧٩٢) الجراح وعالم وظائف الأعضاء العظيم. وكان المظنون قبل وقت هنتر أن دراسة علم التشريح هي أساس كاف لممارسة الجراحة، وقد أدرك الناس أهمية علم التشريح للجراح منذ الإلمام بما قام به فيساليوس. ولكن على الرغم من أن العلم بمواضع العظام والعضلات كان أمراً ضرورياً، إلا أن هنتر أكد أهمية علم الإنسان بالجسم بوصفه شيئاً حياً يتواءم مع ما يستجد الظروف. وأجرى هنتر تجارب ودراسات مستفيضة على الحيوانات البرية والطيور والأسماك والحشرات التي كان يحتفظ بها في منزله في كنسنجتون لمجرد غرض اكتشافه علاقة التكوين بوظائف أعضاء الجسم الحي.

وكان مدى أبحاث هنتر هائلاً، وستعرض لنا فرصة للإشارة لما قام به مرة ثانية، وسنذكر هنا فحسب مثلاً لاكتشاف قام به استخدامه في تخفيف ويلات الجنس البشري. فمن بين ما أولع به هنتر من مواضيع علم وظائف الأعضاء نمو العظام والأجزاء الصلبة الأخرى من الجسم. وقد بحث ذات مرة عن كيفية نمو قرون الوعل المتشعبة. ونتيجة لذلك علم أنه لو قطع شريان

الدم الرئيسي الذي يحمل الدم إلى القرن النامي، فإن الشرايين الأصغر منه المجاورة له تكبر بسرعة، وبذلك تؤدي المهمة التي كان يقوم بها الشريان الأكبر من قبل.

وقد أرى هذا الكشف هنتر أن الجسم الحي يستجيب كطبيعته التي جبل عليها إلى نداء الحاجة، وأدى استعماله لهذا الكشف إلى إيجاد طريقة ناجحة لإجراء عملية لشفاء المرض المميت المعروف بالتمدد الشرياني، وكانت الطرق العادية للعلاج في أيام هنتر هي أما استئصال الورم الذي كان يعوق سريان الدم، أو بتر العضو. وقد ثبت أن كلتا هاتين الطريقتين مميتتان في تلك الأيام. ومع ذلك فإن هنتر الذي كان واثقاً مما تعلمه من دراساته التي قام بها للغزال لم يفعل شيئاً إلا أن ربط الشريان فوق موضع الورم، تاركاً محتويات الورم يمتصها الجسم. وبذلك تحاشى العدوى الناتجة عن مبضع الجراح. وبعد وقت قصير شفي المريض، إذا استمر سريان الدم إلى الجزء الأسفل من العضو عن طريق اتساع الشرايين الصغيرة المجاورة. وما زال الجراحون يستعملون حتى اليوم هذه الطريقة في أجراء العمليات التي كان هنتر أول من كشف النقاب عنها.

ولم يقم هنتر بأبحاثه الطويلة ليشبع نهمه لاكتساب معلومات عن الأشياء الحية فحسب، ولم يكن جراحاً ذا خبرة واسعة فقط، ولكنه كان معلماً كذلك، ومن بين تلاميذه إدوارد جينر (١٧٢٩ — ١٨٢٣) الذي كرس حياته لإيجاد علاج للجدري. ولم يغب الجدري إطلاقاً عن إنجلترا طيلة القرن الثامن عشر، وكان أكثر انتشاراً بكثير في أوروبا الشرقية وآسيا. وكان الجدري ولا يزال مرضاً يختلف كثيراً في شدة الإصابة به. وقد وجد الناس بالتجربة أنهم إذا شفوا من إصابة، فإنهم يكتسبون مناعة ضد إصابة أخرى.

ونتيجة لذلك حاول الناس حينما تحدث الأوبئة، وكانوا يرون الموت أمام أعينهم أن يحصلوا بصورة مخففة على المرض. وحدث أن كانت تستعمل في الشرق منذ زمن طويل طريقة مباشرة لنقل صورة مخففة من المرض من شخص لآخر.

وقد شاهدت السيدة ميري وورتلي مونتاجو (١٦٨٩ – ١٧٦٢) الكاتبة وزوجة السفير الإنجليزي في القسطنطينية هذه الطريقة وهي تمارس. وعند عودتها إلى إنجلترا أوصت باتباع هذه الطريقة هناك. وقد اتبعت بعد ذلك لا في إنجلترا فحسب بل في القارة كذلك وبين المستعمرين في أمريكا.

ومع ذلك فقد كان اكتشاف وقاية حقيقية ضد المرض المخيف يرجع الفضل فيه إلى إدوارد جينز الطبيب وأحد أهالي جلوسسترشير. لقد لاحظ جينر خلال ممارسته لمهنته فتاة تعمل في حلب الألبان مصابة بمرض يشبه الجدري نوعاً ما. وكان المعتقد من زمن طويل بين عمال حلب الألبان أن الإصابة بمرض معين يصيب البقر كانت تقي الإنسان من أية إصابة بالجدري المخيف. ولاحظ جينر بما امتاز به من دقة الملاحظة مرضين متميزين بين البقر، ورسخ في ذهنه مدة طويلة أن مرضاً واحداً من هذين هو الذي كان يسبب الوقاية من الجدري بذل أقصى ما أمكنه لجمع المعلومات، وبعد ذلك انتظر حتى تسنح له فرصة اختبار وجهات نظره. وفي النهاية قام بتجربة جريئة: أخذ قيحاً من قروح في يد فتاة تعمل في حلب اللبن، ذلك القيح الذي اعتبره راجعاً إلى جدري البقر الحقيقي، وطعم به ذراع صبي، وبناء عليه ظهرت على الصبي أعراض المرض الخفيفة، وطعم جينر هذا الصبي بالجدري بعد ذلك ببضعة شهور فلم تظهر عليه أعراض المرض وكانت هذه حالة

مباشرة كشفت عن قيمة هذا التطعيم. وبعد تجارب متكررة شعر جينر بأنه كان على حق فيما توصل إليه من نتائج.

وقاسى جينر الكثير من مقلديه الذين لا ضمير لهم، وأسيء إلى سمعته بواسطة أتباعه المزعومين الذين لم يعتنوا بالحصول على المادة الصحيحة للتطعيم، ومع ذلك ففي النهاية حظي هذا الكشف بالاعتراف الذي كان يستحقه، وأصبحت طريقته معروفة باسم التطعيم، وسرعان ما طبقت في أنحاء العالم المتمدين كله. وكان لكشفه هذا أهمية هائلة لا لأنه خلص العالم من مرض مرعب فقط، بل لأنه فتح طريقاً جديداً لعلاج أمراض أخرى.

وقد نتجت إحدى التحسينات الكبرى التي أدخلت على رعاية المرضى عن بناء كثير من المستشفيات الكبيرة في إنجلترا، وفي القارة في السنين الأخيرة من القرن الثامن عشر، وعلى ذلك فإن مستشفى سانت بارثلميو التي أعيد تأسيسها في حكم هنري الثامن أعيد بناؤها في القرن الثامن عشر، كما شيدت مستشفيات كثيرة جديدة. وعلى الرغم من أن هذه لم تكن مجهزة تجهيزاً لائقاً حسب مقاييسنا الحالية، فإنها قامت بالكثير من ناحية حفظ صحة الناس خلال السنين القاسية التي تميز بها بدء عهد التصنيع.

وكان إنشاء المزيد من المستشفيات علامة ميزت الحركة الإنسانية التي ظهرت أواخر القرن الثامن عشر، والتي أعلنت عن نفسها أيضاً فيما بذله الأفراد من مجهودات لتعليم الفقراء. إن سير الحياة على قاعدة سليمة يعادل في أهميته الخدمات التي يؤديها الطبيب في رعاية المرض، ولذلك فقد نتج تقدم كبير بسبب خمود الجهل والخرافات نتيجة لانتشار العلم. وكان إصلاح

مهنة التمريض إحدى نتائج التعليم. وفي إمكاننا إذا ابتدأنا بالعمل الخير الذي قامت به إليزابيث فراي (١٧٨٠ – ١٨٤٣) أن نقتفي أثر التمريض مبتدئين بجماعة الأخوات الممرضات إلى التقدم العظيم الذي تم تحت رعاية فلورنس نتنجيل (١٨٢٠ – ١٩١٠). وقصة فلورنس نتنجيل معروفة تماماً. ولكن ليس مما يدرك دوما القدر الذي تسهم به خدمة تمريضية مجدية في حفظ صحة سكان جميع البلاد المتمدينة.

وننتقل الآن بقصتنا إلى القرن التاسع عشر، إلى وقت أثر العلم فيه على جميع طبقات السكان في أوربا الغربية. وكان العلم قبل الثورة الصناعية مطلب فئة قليلة من العلماء. ولكن العلم دخل بطريقة غير مباشرة إلى حياة كل فرد بعد استخدام بعض من النتائج التي وصل إليها في مقتضيات الصناعة. وكان هناك قبل هذا باحثون علميون أكثر بكثير، وكانت نواحي التقدم منذ بداية القرن التاسع عشر متعددة النواحي بدرجة أن قصتنا لا يمكن بعد هذا أن تسلك سبيلاً واحداً. ولذلك يجب أن نسير في طرق متشعبة، ونبحث بعضاً من هذه النواحي التي حدث فيها تقدم هائل، كل منها على حدة. وسنرى أن الاكتشافات التي تمت في الكيمياء والكهرباء، وفي دراسة الحرارة والطاقة ودراسة الأشياء الحية كان لها تأثير قوي لا في الصناعة وحدها، بل في حياة الناس اليومية كذلك.

الفصل الثامن

أسُس الكيمياء

١ طبيعة الهواء والماء

لقد رأينا كيف أن المشتغلين بالتجارب العلمية في القرن السابع عشر – وعلى الأخص بويل – كشفوا النقاب عن كثير من الحقائق الخاصة بالهواء. لقد أثبتوا أن له وزناً، وأنه من الممكن انضغاطه، وأنه من الممكن أيضاً أن يكون له ضغط عظيم. وبينوا كذلك أن كلا من النباتات والحيوانات تحتاج إلى الهواء لتحيا. ومع ذلك وحتى ذلك الوقت كانت الأفكار عن تكوين الهواء أفكاراً مشوشة بدرجة كبيرة، كان الكثيرون لا يزالون يعتقدون أنه أحد العناصر الأربعة: التراب، والهواء، والنار، والماء. ولم تكن لدى أحد فكرة واضحة عن الغازات فيما عدا الهواء. وأدت تجارب بويل به إلى الظن بأن ما هو ضروري من الغلاف الجوي للتنفس إنما هو جزء منه فقط. وأن الهواء، بصرف النظر عن كونه عنصراً، خليط من غازات عدة. ولكن البرهان القاطع على ذلك لم يتيسر إلا بعد مائة عام بعد ذلك.

وقد حدث تقدم هائل في هذه الناحية بواسطة جوزيف بلاك من جلاسجو وكان صديقاً لوات. وبعد أن قام بلاك بدراسة مفصلة لتغيير كيمائي مألوف، ألا وهو تحويل القلويات الكلوية إلى قلويات خفيفة بتعريضها للهواء، عزل غازاً جديداً أطلق عليه لفظ الهواء الثابت، وبرهن أنه إحدى المكونات العادية للغلاف الجوي، وعرفه فيما بعد باسم ثاني أكسيد الكربون.

أما الخطوة التالية فالفضل فيها يرجع إلى الكاهن الموحد جوزيف بريستلي (١٧٣٣ – ١٨٠٤). ول بريستلي سجل مشرف من التجارب في الكيمياء والكهرباء، وكان ذلك مدرس لغات ومؤلفات كتيبات مدرسية. ومن تجاربه الكيميائية التي قام بها تجربة لاختبار تأثير الحرارة على كلس[١] الزئبق الأحمر. سخن بريستلي الكلس الأحمر عن طريق تجميع أشعة الشمس بواسطة عدسة حارقة قوية. ومما آثار دهشته أنه لاحظ تكون زئبق براق، وانبعاث هواء لا لون له. ووجد أن الهواء الجديد مكن موادًا مثل الفحم النباتي والكبريت، كما مكن شمعة من الاشتعال فيه بتوهج أكبر بكثير مما لو كانت هذه المواد قد اشتعلت في الهواء العادي.

وطبيعي أن بريستلي أراد إعطاء اسم لغازه الذي عثر عليه حديثاً. وكان الناس في ذلك الوقت يعتقدون أن احتراق أي شيء يصحبه افتقاد عنصري ناري يسمى اللاهوب[٢]. واعتقد بريستلي عندما لاحظ مساعدة هذا الغاز الجديد الأشياء على الاحتراق أنه يساعد هذه الأشياء حتماً على التخلص من لاهوبها. ولكي يمتص هذا الغاز اللاهوب بهذه السهولة يجب أولاً أن يكون خالياً تماماً. ولذلك سماه «الهواء الخالي من اللاهوب»، وهو اسم شديد الالتواء.

وسرعان ما ظهرت بعد كشف بريستلي ثلاثة أبحاث في مجلة المقررات الفلسفية للجمعية الملكية تصف تجارب أجريت بغاز كان يدعى الهواء القابل للاشتعال، وهو ما نعرفه اليوم باسم الأيدروجين. وقد قام

() [١] أكسيد الزئبق، وينتج من اتحاد الزئبق بالأكسجين (المترجم)

([٢]) مادة نارية اعتقد القدماء وجودها في الأجسام (المترجم)

بالأبحاث عالم ثري كرس حياته للعلم وهو صاحب الفخامة هنري كافنديش (١٧٣١ – ١٨١٠) الذي اشتهرت نتائجه ببعد مداها ودقتها.

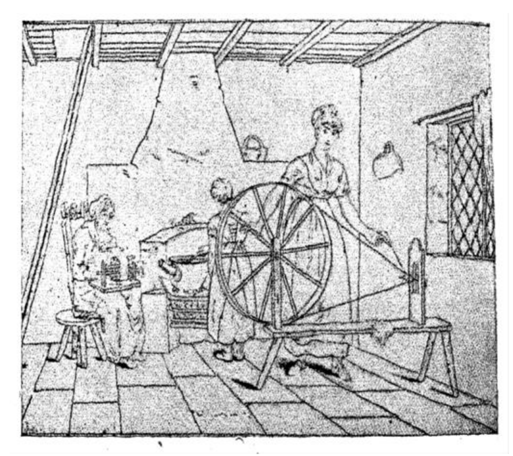
حضر كافنديش هواءه القابل للاشتعال بإذابة الزنك في أحماض. لقد وجد أن نفس وزن الزنك يولد نفس حجم الغاز من أحماض مختلفة، وعند تفجير مزيج من هواء قابل للاشتعال وهواء عادي لاحظ نقصاً في الحجم وراسباً من ندى داخل الإناء. وبعد ذلك قام بعده قياسات دقيقة في كل من حالتي النقص في الحجم، والحجم المتبقي بعد الانفجار. ومن هذه الأرقام استنتج أن خمس الهواء العادي مع الهواء القابل للاشتعال كله تكثيف وكون ندى. وأوضحت النتائج ما يأتي:

١ – أن الهواء يتكون على الأقل من غازين مختلفين تمام الاختلاف[1]

٢ – أن الماء ليس عنصراً، كما ساد الاعتقاد قروناً، ولكنه مركب من هواء قابل للاشتعال وخمس الهواء الجوي.

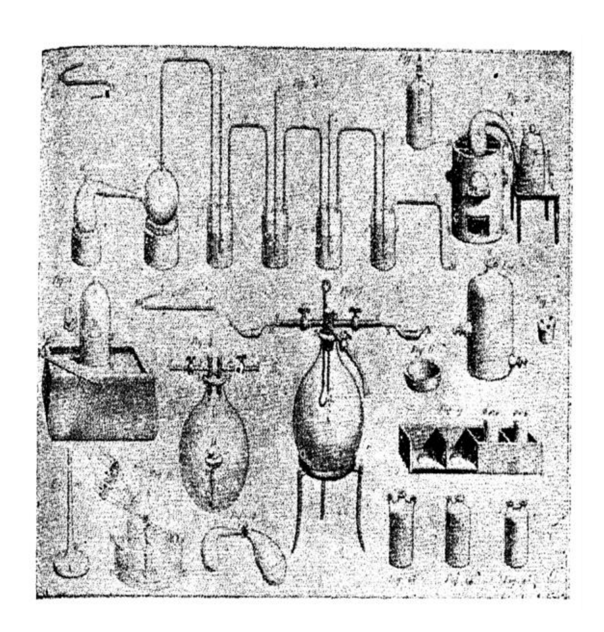
([1]) عندما سمع كافنديش عن هواء بلاك الثابت قاس كثافته ومقدار قابليته للذوبان في الماء، ووجده مختلفة تماماً عن الهواء العادي. وهكذا كشف عن وجود غاز ثالث في الهواء الجوي.

لوحة رقم ١٩



منزل ريفي على نمط الأحوال السائدة قبل المنزلي في نفس الوقت النساء يساعدن في الغزل ويقمن بعملهن الثورة الصناعية

لوحة رقم ٢٠



معمل لافوازييه

حينئذ كرر كافنديش تجاربه مستعملاً هواء بريستلي الخالية من اللاهوب، بدلاً من الهواء العادي. لقد قام بتفجير مخاليط مكونة بنسب مختلفة من الهواء القابل للاشتعال والهواء الخالي من اللاهوب. وكان في كل حالة يقيس حجم الغاز المتبقي، وبهذا استنتج أن الماء مركب من هذين الغازين. وكان يظن أن خمس الهواء الجوي مكون من الهواء الخالي من اللاهوب، وأن الهواء القابل للاشتعال هو لاهوب نقي.

وكانت النتائج التي وصل إليها كافنديش نتائج حاسمة، وذلك بسبب دقة تقديراته. ومع ذلك فإن شرف إثبات طبيعة الهواء المركبة يجب أن يتقاسمه كل من كافنديش، وجيمس وات الذي وجد، علاوة على عمله في الآلة البخارية، وقتاً لتتبع تقدم الكيمياء، وقام بإجراء تجارب لنفسه. وتوضح لنا المراسلات التي تبودلت بين وات، وبريستلي أن وات كان مقتنعاً بطبيعة الماء المركبة قبل نشر النتائج التي وصل إليها كافنديش سنة ١٧٨٤.

وخلال السنين الوسطى من القرن الثامن عشر تمكن صيدلي سويدي غير نابه يدعى ويلهلم سيكيل (١٧٤٢ – ١٧٨٦) من عزل عدد كبير من المركبات الكيماوية. وقد حصل أيضاً، وهو يعمل مستقلاً تماماً عن غيره، على غاز يتفق مع غاز بريستلي بتسخينه النترات[1]. وخلال هذا الوقت كان الكيمائيون يتعلمون طرقاً معملية مفيدة علاوة على كشفهم حقائق جديد، فقد توصلوا مثلاً إلى معرفة تجميع الغازات فوق الماء أو الزئبق، وتجفيف الغازات بإمرارها فوق كربونات البوتاسيوم المجفف، واستعمال الميزان بطريقة أفضل.

---

[1] نترات البوتاسيوم (المترجم)

ومع ذلك كانت آراؤهم مشوشة، وذلك لوجود كثير من الحقائق الجديدة التي كانت تتناقض مع نظرية اللاهوب القديمة، على الرغم من أنه لم يكن هناك حتى هذا الوقت نظرية تفضلها يسيرون بمقتضاها. وفوق ذلك لم يكن لديهم خطة معترف بها لتسمية المركبات، ولذلك ففي الغالب لم يكن أحد من الكيمائيين يعرف ما يتحدث عنه الآخر. وقد انتهت ربكتهم ووضعت الكيمياء على أساس متين بفضل ما قام به الكيمائي الفرنسي لافوزابيه (١٧٤٣ – ١٧٩٤).

٢ عمل لافوازييه في الاحتراق

قام لافوازييه باكتشافه في المعمل الملاصق لترسانة باريس، حيث اعتاد الإشراف على إعداد البارود. وهناك زاره بريستلي الذي أخبره عن هوائه الخالي من اللاهوب. وحوالي عام ١٧٧٠ بدأ لافوازييه سلسلة أبحاث عن الاحتراق. لقد اكتشف أننا نحصل بإشعال الفسفور في كمية محددة من الهواء على مسحوق أبيض، ويتبقى حوالي أربعة أخماس الهواء الأصلي، وأن الهواء المتخلف لا يمكن أن يشتعل شيء فيه أو تتنفسه الحيوانات.

وبعد ذلك وجه عناية إلى الاحتراق البطيء أو تكدس[1] القصدير والرصاص. وكان معروفاً من زمن طويل وجود زيارة بسيطة أثناء هذه العملية، الكلس المتخلف الذي يبلغ وزنه أكثر من المعدن الأصلي. وكانت هذه بالطبع حقيقة أحرجت المؤمنين بنظرية اللاهوب، الذين اضطروا أن يؤكد أن اللاهوب به عنصر خفة أو وزن سلبي، وعلى ذلك فحينما ينبعث من الجسم

(1) ترسب أملاح الكالسيوم (المترجم)

يتركه أثقل من ذي قبل. وكان رأى لافوازييه أن هذه الفكرة فكرة سخيفة. وكان متيقناً أن الزيادة في الوزن يجب أن تكون راجعة إلى إضافة شيء ما.

حينئذ وضع أفكاره في محك الاختبار. أخذ قنينة زجاجية موزونة، ووضع داخلها كمية هواء موزونة، وأغلق القنينة إغلاقاً محكماً، وبعد ذلك سخنها لبضع ساعات وتركها تبرد. ثم وزنها مرة ثانية، ولكنه لم يلاحظ تغيراً. وعند فتحه القنينة سمع اندفاع هواء إلى الداخل. وعند إعادة وزن القنينة وجد زيارة في الوزن. وعند وزنه كلس القصدير غير المتغير، وجد زيادة في الوزن مساوية لوزنه الهواء الذي اندفع إلى داخل القنينة. وكانت هذه نتيجة تستحق الملاحظة بدرجة كبيرة.

وكانت تجربة لافوازييه الحاسمة تتلخص في أنه قام بتسخين وزن معروف من الزئبق ملامس لحجم مقاس من الهواء مدة اثنتي عشرة يوماً. وفي نهاية تلك المدة لاحظ نقصاً في حجم الهواء، ووزن كلس الزئبق الأحمر الناتج. ووجد أن الهواء المتخلف لا يساعد على الاحتراق وأن الحيوانات لا يمكنها التنفس فيه. وبعد ذلك سخن الكلس الأحمر، وحصل منه على الحجم المضبوط من الهواء الذي سبق امتصاصه، ووزن الزئبق الذي بدأ به، إذن فقد كانت كل الحقائق معدة لإيجاد نظرية لافوازييه في الاحتراق التي يمكن تلخيصها فيما يلي:

١- يتكون الهواء من غازين على الأقل، أحدهما يتحد بالمعادن أثناء التكلس، مما ينتج عنه زيادة بسيطة في الوزن.

٢- أن الهواء ضروري لكل احتراق.

٣- أن كلس المعدن ليس عنصراً، ولكنه مكون من المعدن وهذا الهواء.

ولاحظ لافوازييه أنه حينما تبل تلك المواد التي تتخلف بعد احتراق الكبريت والفسفور تنتج مواداً ذات طابع حمضي، ولذلك غير اسم «الهواء الخالي من اللاهوب» المعقد إلى كلمة بسيطة هي أكسجين التي تعني المبدأ التحميضي. وسمي هواء كافنديش القابل للاشتعال «أيدروجين».

واستعمل لافوازييه كلمة عنصر للدلالة على جسم يتركب، على قدر ما نعرف من تجاربنا، من نوع واحد من المادة فقط التي لم نقسمها إلى ما هو أبسط منها. ويتفق هذا مع وجهة نظر بويل وفي الحقيقة مع أفكارنا اليوم.

وعللت نظرية لافوازييه في الاحتراق كل الحقائق المعروفة، وكانت الضربة المميتة لنظرية اللاهوب الغامضة. وبدأ لافوازييه أيضاً مراجعة الأسماء التي على المركبات الكيماوية. وقبل وقته كانت هناك بلبلة كبيرة، إذا كانت الأسماء لا تشير إلى تركيب المادة وغالباً ما كان لنفس المادة عدة أسماء متباينة. ولذلك قدر لافوازييه وأتباعه أنه من الواجب أن يبين اسم المركب كيفية اشتقاقه. وأوضح أن النظام المثالي للتسمية يجب أن يكون نظاماً تعبر الكلمات فيه عن أفكار تذكر الإنسان بالحقائق. وهذا صحيح بالنسبة لمسمياتنا الكيماوية الحاضرة. فمثلاً يبين اسم كبريتيد الحديد مركباً من حديد وكبريت، ويذكر المرء بأنه يمكن تكوين هذا المركب من الاتحاد المباشر لهذين العنصرين.

وقد نظم لافوازييه دراسة الكيمياء. وتقدمت الكيمياء، بخطى حثيثة بفضل نظرية الاحتراق المعقولة، ووضع نظام واضح للتسمية، وإجراء تجارب قائمة على دقة الوزن والقياس. ولم يعش للتسمية، وإجراء تجارب قائمة على دقة الوزن والقياس. ولم يعش لافوازييه إلا سنين قليلة ليتمتع بثمار مجهوداته. لقد عاش خلال صخب الثورة الفرنسية وما أريق من دماء فيها. وقد سيق ذلك

الذي كان في استطاعته أن يسبغ على اسم العلم مجداً إضافياً إلى المقصلة سنة ١٧٩٤ إذ قيل أن الجمهورية ليست في حاجة إلى علماء.

٣ نظرية دالتون الذرية

إن التقدم العلمي كما ذكرنا من قبل لا يتخلص في مجرد جمع الحقائق، إذ أن الخيال والتخمين يلعبان فيه دوراً جوهرياً. ويتجلى هذا في الخدمات التي أسدتها نظرية جون دالتون (١٧٧٦ – ١٨٤٤) إلى الكيمياء.

كان دالتون ابن نساج يدوي من كمبراند، وظل يعمل مدرساً عدة سنين. ولم يترك له عمله اليومي إلا قليلاً من الفراغ. ومع ذلك قرأ كثيراً في الرياضيات والطبيعة، وأصبح متفقهاً بدرة كبيرة في مؤلفات نيوتن. ونتج عن ذلك أن ألم دالتون بفكرة الذرات التي شغلت بال نيوتن كثيراً.

إن كلمة ذرة تعني شيئاً لا ينقسم، وقد استعملت زمناً طويلاً لتدل على الجسيمات النهائية التي تقبل التجزئة والتي تتكون الأجسام كلها منها. وترجع الفكرة إلى الإغريق الذين عاشوا في القرن الخامس قبل الميلاد. ولكن هنا يقع الخلاف، إذ أن هذه الفكرة كانت عند الإغريق مجرد تخمين موفق، ولا شيء غير ذلك. أما فكرة دالتون فكانت من الناحية الأخرى فرضاً مبنياً على استنتاجات منطقية جرت على النسق الآتي:

دعنا نفترض وجود ذرات لها خاصيات مختلفة، وحينئذ دعنا نرى إلى أين ستؤدي بنا هذا الفروض. وقد أدى بنا فرضه إلى اكتشاف حقائق معينة عن الاتحاد الكيميائي. وأدت به هذه الحقائق إلى مشاهدات جديدة أكدت كلها فرضه الأصلي. وهكذا فإن اكتشاف قوانين الاتحاد الكيميائي لم يقم

على تجميع الحقائق، بل قام على افتراض، وهذه طريقة مناقضة تمام المناقضة للطريقة التي وضعها بيكون.

وكان دالتون يرى أن الذرات إنما هي كريات صغيرة تختلف عن بعضها البعض في الوزن، وصور الاتحاد الكيمائي على أنه اتحاد للذرات، أما اتحاد ذرة بأخرى، أو ذرة بذرتين، أو اثنتين بثلاث، وهكذا، ولكن الاتحاد في جميع الحالات يحدث بين ذرات بأكملها، حيث كان من المعتقد أن الذرات لا يمكن إفناؤها أو تقسيمها. وقد صور أبسط حالة من حالات الاتحاد الكيميائي بأنه اتحاد ذرة من عنصر وليكن (أ) مع ذرة من عنصر آخر وليكن (ب). وبافتراض أن وزن (أ) المذكور يساوي وزن (ب) اثنتي عشرة مرة، فقد كان دالتون يستنتج بناء على هذه أن كل ذرة من عنصر (أ) تزن اثنتي عشرة مرة قدر كل ذرة من عنصر (ب). وقد عرف طبعاً أنه ليس في مقدوره وزن ذرات مفردة بميزان. ولكن وجهة نظره هذه عن التغير الكيمائي هيأت له الوسيلة لاكتشاف كم مرة تزن ذرة قدر ذرة أخرى، وبمعنى آخر أعطاه ذلك أوزاناً نسبية لا أوزاناً فعلية.

وأصبح وزن الذرة بالنسبة لوزن ذرة الأيدروجين الذي يرمز إليه برقم ١ يعرف بالوزن الذري، وكانت تجارب دالتون الخاصة تجارب لا تتميز بالدقة التامة. ولقد تبين أيضاً نقطة ضعف في تحديده الأوزان الذرية. ولم يهتد إلى طريقة للكشف عن كيفية اتحاد الذرات بعضها مع بعض، أهي تتحد الواحدة مع الأخرى، أو تتحد ذرة مع اثنتين، وهكذا. وقد أثار هذا شكاً فيما إذا كانت القيمة التي قدرها للوزن الذري صحيحة، أو هل من الواجب ضربها × ٢ أو × ٣ وهكذا، أو قسمتها بهذه الطريقة، وقد أوضح خلفاؤه هذا

التشكك توضيحاً تاماً، وأوضح دالتون في نفس الوقت الطريق القويم الذي يسلكونه.

ويمكننا تلخيص نظرية دالتون فيما يلي:

١ – كل مادة تتكون من أعداد هائلة من جسيمات متناهية في الصغر، تدعى ذرات.

٢ – الذرات غير قابلة للفناء، وينتج عن هذا أنه لا يمكن أن يكون هناك فناء نهائي لأية أشياء مادية، وهذا ما نعرفه باسم قانون بقاء المادة.

٣ – لذرات المواد المختلفة أوزن مختلفة.

٤ – الاتحاد الكيميائي هو عبارة عن اتحاد الذرات، وينتج هذا أن يحتوي نفس المركب باستمرار على نسب العناصر التي يتكون منها[١] وتعرف هذه النتيجة بقانون النسب الثابتة.

٥ – وبما أن الذرات – فرضاً – لا يمكن تقسيمها، فإنه يجب أن تتحد ذرة من أحد العناصر بذرة، أو ذرتين، أو أكثر من الذرات الكاملة لعنصر آخر. ونتيجة لذلك فعند اتخاذ عنصرين ليكونا عدة مركبات مختلفة[٢]، فإن الأوزان المختلفة للعنصر الواحد التي تتحد مع وزن معين للعنصر الآخر، يكون بين بعضها البعض نسبة عددية بسيطة، وهذه النتيجة هي ما نعرفها اليوم بقانون النسب المتضاعفة.

ونشرت نظرية دالتون وتقديراته للأوزان الذرية سنة ١٨٠٨، في كتاب عنوانه «نظام جديد للفلسفة الكيماوية». وقد أثارت النتائج التي وصل إليها

() [١] فملح الطعام مثلاً سواء تكون من عناصره في المعمل، أو استخراج من المناجم، أو نقي من ملح البحر، يحتوي دائماً على عنصري الصوديوم، والكلور متحدين سوياً بنفس النسب وزناً.

() [٢] وتذكر لذلك مثلاً أكسيدات النيتروجين الخمس، وأكسيدي النحاس.

اهتماماً بالغاً. لقد وجد الكيمائيون أن الاستنتاجات الرئيسية المستقاة من نظريته تتفق مع نتائج مستقاة من تجارب أخرى، وسرعان ما اعترف الناس بقيمة عمله، وانهالت عليه ألقاب الشرف من بلاد عديدة.

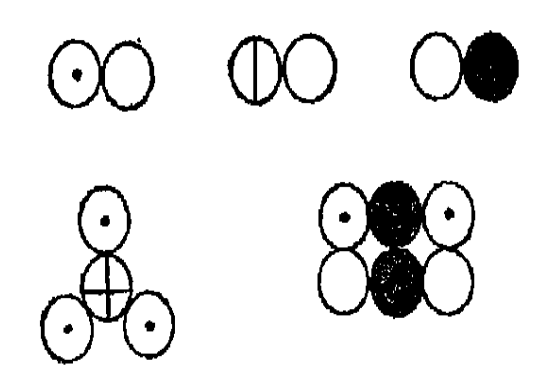
ومع ذلك بقي دالتون كوكريا[1] متواضعاً سليم الطوية إلى آخر أيامه. أنه لم يسع إلى الاعتراف بفضل من رجال العلم في العالم. حقاً لقد زاره عالم فرنسي فكان عليه أن ينتظر حتى فرغ دالتون من مد يد المعونة لصبي بإعطائه نقوداً من لديه.

٤- تقدم النظرية الذرية

اعتاد دالتون في توضيحه لبراهينه أن يمثل الذرات بصور على شكل دوائر أو نقط (شكل ٢٨)، ولا بد أن كانت هذه عملية مضنية جداً، ونحن نستعمل الآن رموزاً أكثر سهولة بكثير وهي الحروف، وهي عادة الحروف الأولى من الأسماء، مثل ك للكربون، ويد ٢ للإيدروجين، وكب للكبريت، وأ٢ للأكسجين. وهي طريقة يعرفها دارسو الكيمياء في جميع أنحاء العالم. إنها لا تهيئ لنا اختزالاً سريعاً فحسب، بل إنها وسيلة للتعبير عن النتائج التجريبية أيضاً.

---

(1) الكوكريون هو الاسم الذي يطلق على جماعة الأصدقاء وهي طائفة دينية بروتستانتية أسسها جورج فوكس في القرن السابع عشر. وهي لا تعترف بالتعميد، ولا بالعشاء الريفي، وتعارض القسم بالإيمان، ويتميز الكوكريون ببساطة هندامهم وتجنب ألفاظ التفخيم في حديثهم (المترجم)



(شكل ٢٨)
نوع الرموز التي استعملها دالتون

ويرجع اتخاذ الحرف الأول كرمز لعنصر إلى الكيمائي السويدي بيتر تزيليس (١٧٧٩ — ١٨٤٨) الذي قام كذلك بتحليلات دقيقة أكدت قوانين النسب الثابتة، والنسب المتضاعفة، وضمنت بذلك اعتناق النظرية الذرية اعتناقاً عاماً. وترجع الخطوة العظيمة التالية إلى كيمائي إيطالي يدعى أماديو أفوجادرو (١٧٧٦ — ١٨٥٦).

وبدأ الكيمائيون في جميع أنحاء أوربا المختلفة يقومون بنصيبهم في تأييد النظرية الذرية لدالتون. وقامت التجارب على قدم وساق، وتتابعت بسرعة إحداها في أعقاب الأخرى. وكان أفوجادرو من بدء الأمر من المؤمنين إيماناً عميقاً بالنظرية الذرية. وكان يعلم من التجارب التي قام بها الكيمائي الفرنسي جي لوساك (١٧٧٨ — ١٨٥٠) أن الغازات تتحد سوياً بنسب بسيطة — أي أن قدماً مكعباً من غاز يتحد مع نصف قدم مكعب من غاز آخر، أو مع قدمين مكعبين، أو مع ثلاثة. ويعبر بعدد صحيح عن النسب بين الأحجام. وجعلت هذه النتيجة أفوجادرو يمعن التفكير. فتصور اتحاد الغازات في ذهنه، وميز بين الذرات بصفتها أصغر الجسيمات التي تقوم بدور في

التغير الكيمائي وبين الجزيئات كأصغر جسيمات يمكن أن توجد على حدة. ورأى أنه إذا احتوت مقادير متساوية الأحجام من جميع الغازات في نفس الظروف عدداً متساوياً من الجزئيات، فإن ذلك من شأنه أن يبين السبب الذي من أجله تتحدد الغازات بمثل تلك النسب الحجمية البسيطة، ويوضح أيضاً بعض النتائج الأخرى المحيرة للألباب[1]. وعلى ذلك فقد عرف أن حجماً واحداً من النيتروجين يتحد مع حجم مساو له من الأكسجين ليعطي في نفس الظروف حجمين من أكسيد النيتريك.

وأدرك أفوجادرو أن الحجم الواحد من النيتروجين لا بد أنه كان يحتوي على نفس العدد من ذرات النيتروجين الموجود في حجمي أكسيد النيتريك. ويجب طبقاً لفرضه أن يحتوي حجماً أكسيد النيتريك ضعف عدد الجزيئات التي كانت في الحجم الواحد من الأيدروجين أو من ضعف عدد الجزئيات التي كانت في الحجم الواحد من الأيدروجين أو من الأكسجين. وعلى ذلك ينتج أن جزيئات كل من هذين الغازين تتكون من ازدواج ذري، بينما يتكون جزء أكسيد النيتريك من ذرة واحدة من الأكسجين متحدة بذرة واحدة من النيتروجين.

ووجد أيضاً من التجارب أن حجمين من الأيدروجين يتحدان مع حجم من الأكسجين لتكوين حجمين من البخار مقاسين تحت نفس الظروف، وعلى ذلك فإن ثلاثة أحجام قبل اتحادها أعطت حجمين فقط بعد الاتحاد. وكانت هذه مشكلة محيرة أخرى، ويحتوي كل من حجمي الأيدروجين وحجمي البخار طبقاً لفرض أفوجادرو على نفس العدد من الجزيئات. وعلى

---

(1) أن افتراض أفوجادرو غالباً ما يعرف بفرض أفوجادرو، وهو الآن جزء جوهري من النظريات الفيزيائية الحديثة.

ذلك يجب أن يكون عدد ذرات الأكسجين، وعدد ذرات الأيدروجين واحداً قبل الاتحاد وبعده. ولكن يجب أن توزع ذرات الأكسجين بين عدد من جزيئات البخار يساوي ضعف عدد الجزيئات التي كانت بالأكسجين. ومن الواضح إمكان هذا فقط لو أن كل جزئ أكسجين. وكل جزئ أيدروجين يتكون من ذرتين، وبذلك يكون كل جزئ بخار مكوناً من ذرتي أيدروجين متحدتين مع ذرة أكسجين. ويمكن التعبير عن هذه المعادلة بما يأتي

$$٢\ \text{يد}_{٢} + \text{أ}_{٢} \longrightarrow ٢\ \text{يد}_{٢}\ \text{أ}$$

أي (٢) أيدروجين + (١) أكسجين يكون ماء

وباتباع طرق دالتون قدر الكيمائيون الوزن الذري للأكسجين برقم ٨ مفترضين كما فعل دالتون أن ذرة من الأيدروجين تتحد مع ذرة من الأكسجين، ومع ذلك فبعد أن بين أفوجادرو أن ذرتين من ذرات الأيدروجين تتحدان مع ذرة أكسجين واحدة، فقد اتضح وجوب مضاعفة التقدير واعتبار الوزن الذري للأكسجين ١٦.

وقد أمدت نظرية أفوجادرو الكيمائيين بوسيلة لإيجاد الأوزان الذرية بشكل مؤكد مقبول، ولكنهم لم يستفيدوا منها في الحال، فقد أخذت وجهات نظره وقتاً طويلاً لتصل البلاد الأخرى بالنسبة لحال أوربا المضطربة وقت نشر نتائجه عام ١٨١١. وعلاوة على ذلك فإن كثيراً من الكيمائيين المبرزين لم يبذلوا أي جهد لتفهم أفكاره. وبعد مواراته التراب فقط صار أحد مواطنيه كانيتسارو (١٨٣٦ – ١٩١٠) داعية له، وأظهر أهمية نظريته بشكل مقنع على الأخص في إيجاد الأوزان الذرية. ومنذ ذلك الوقت صارت نظرية

أفوجادرو جزءًا مهمًا من النظرية الكيماوية وهي في الحقيقة تكمل العمل الذي بدأه دالتون.

٥ استقر الكيمياء الحديثة

إن المبادئ التي وضعها بويل، ولافوازييه، ودالتون، وأفوجادرو وضعت أسس الصرح العظيم للكيمياء الحديثة. وبعد ذلك ساهم عمال أكثر فأكثر في هذا البناء، فأضيفت طوابق جديدة، وشيدت أجنحة جديدة، ولكن البناء الرئيسي قام على الأسس التي وضعت من قبل.

وكلما تحسنت الطرق التجريبية، وجد الكيمائيون في البلاد المختلفة تقديراتهم للأوزان الذرية متلائمة بشكل أكبر. ولذلك اتفقوا على قيم معينة وتمسكوا بها. وبعد ذلك بذلت مجهودات عديدة لإيجاد بعض الصلة بين الوزن الذري والخواص الكيماوية. وأدى التعرف على «فصائل» العناصر في النهاية إلى طريقة للتصنيف تعرف باسم القانون الدوري. وأظهرت هذه الطريقة حتى ذلك الوقت علاقات لا ريب فيها بين العناصر، وأدت إلى كشف عدة عناصر جديدة. ويمكن مقارنة مثل هذه الاكتشافات التي أسست على القانون الدوري باكتشاف الكوكب نبتون عن طريق التنبؤ المبني على قانون الجاذبية.

واتسع مجال الكيمياء اتساعاً كبيراً باستعمار آلات أكثر دقة، وعلى ذلك فكما أن جاليليو قد بحث السماء بتلسكوبه، واكتشف أقماراً جديدة، فكذلك درس كيمائيو أواسط القرن التاسع عشر باستعمالهم آلات أعظم دقة بكثير الضوء القادم من السماء اكتشفوا عناصر جديدة. واستعمل الكيمائيون منشوراً لتحليل الضوء كما فعل نيوتن. وكان يتكون جهازهم من شريحة ينفذ الضوء خلالها، وعدسة لجعل حزمة من الأشعة تسقط على المنشور. بعد

ذلك يتحلل الضوء إلى ألوان الطيف، وبواسطة عدسة أخرى تتجمع كل ألوان الطيف في بؤرة. وعلى ذلك فقد كان الطيف يشاهد بواسطة عدسة عينية من نفس النوع المستعمل في التلسكوبات.

وأصبح مثل هذا الجهاز المكون من شريحة وعدسة منشور وتلسكوب يعرف باسم "المطياف"، وتمكن الكيمائيون بالاستعانة به من تحليل الضوء المنبعث من مصادر ضوئية مختلفة، ومن التعرف على النوع المميز للضوء المنبعث من عناصر معينة. وبهذه الطريقة اكتشفوا وجود عناصر معروفة تماماً على الأرض في ضوء الشمس والنجوم، وعناصر تعرفوا عليها أولاً في الشمس ثم وجدت بعد ذلك على الأرض.

وقد كشف "المطياف" الذي جعله التصوير الضوئي الذي هو نفسه من نتائج البحث الكيمائي آلة أعظم دقة بكثير، علاقات بين أطياف العناصر المختلفة مما ساعد على كشف سر الذرة ذاتها. و"المطياف" مثل طيب للطريقة التي تتجمع بها المعلومات من مصادر مختلفة، وتؤدي إلى تقدم جديد.

وتميزت التطورات الحديثة الكيمائية كلها بتحكم الكيمائي المتزايد في موارده، وبالطريقة التي رسمت له بها النظرية الخطوط التي يسير عليها في عمله. وكان الناس يتبعون في عملهم في الأيام القديمة طرقاً خبط عشواء، وكانوا غير موقنين أطلاقاً بأنهم سيعثرون على شيء جديد. ومع ذلك فالباحث الكيمائي الملم بالفعل بالميدان الذي يعمل فيه يسير في طريق استقصاء محدد طبقاً لقواعد مقررة تعملها من معمل الطبيعة ذاته.

ولم يبد هذا التحكم المتزايد في أي فرع من فروع الكيمياء أحسن مما بدا في دراسة مركبات الكربون التي لا حصر لها. وقد بدا التقدم في هذا الفرع بأبحاث الكيمائي الألماني جوستوس فون ليبج (١٨٣٠ – ٧٥) وكان مكتوباً فوق باب معمل ليبج كلمات معناها أن الله خلق كل شيء في كونه بموازين وقدر. وكان هذا المبدأ مصدر الهام للطرق الدقيقة التي اتبعت في التحليل الكمي الذي أوجده ليبج، والذي أثبت به تركيب أعداد كبيرة من المركبات.

وكان المعتقد في ذلك الوقت أن المواد التي من أصل نباتي أو حيواني – أي المواد العضوية – تختلف اختلافاً جوهرياً عن تلك التي ليست من أصل حيوي، أي المواد غير العضوية. ومع ذلك توصل فوهلر (١٨٠٠ – ١٨٨٢) أحد زملاء ليبج من تحضير لولينا، وهو مركب كان حتى ذلك الوقت معروفاً أنه من أصل حيواني فقط. بخر محلولاً من سيانات الأمونيوم حتى جف. وبهذه الطريقة حصل على راسب ثبت أنه يشبه البولينا شبهاً تاماً. ومن الممكن الآن تكوين سيانات الأمونيوم أو تخليصها بسهولة من عناصرها بالمعمل. ولذلك فقد تحولت في هذه الحالة مادة غير عضوية إلى مادة عضوية بمجرد فعل الحرارة. ومع ذلك فما زلنا نستعمل لفظ الكيمياء العضوية كتعبير مناسب عن كيمياء المركبات الكربونية.

وقد اعترف بحق بأن التحول من سينات الأمونيوم إلى البولينا يرجع إلى إعادة تنظيم الذرات، التي تتحد مع بعضها البعض بشكل مختلف داخل الجزيء، بالضبط كما تجمع فرقة الرقص الواحد شمل نفسها على المسرح بطرق مختلفة. وسرعان ما كشفت الطرق التحليلية الدقيقة عن أمثلة كثيرة من المركبات لها نفسه نسبة التركيب، ويتكون بذلك من نفس الذرات، ولكن

بخواص كيماوية مختلفة. وتعرف مثل تلك المركبات باسم المتشابهات[١]. ويرمز للكحول العادي، وأثير الديميثيل اللذين يتكون كل منهما من كربون، وأيدروجين، وأوكسجين بالمعادلة ك$_{٢}$ يد$_{٦}$ أ. ولكن هذين المركبين هما المعروفان فقط بأن لهما هذا التركيب، وعلى الرغم من أنه قد يبدو كما لو أنه لا بد من أن تكون هناك طرق أخرى كثيرة لترتيب الذرات التسع. وللكافور الذي هو مركب أكثر تعقيداً بكثير من الكربون، والأيدروجين، والأكسجين أكثر من مائة متشابه. ومع ذلك فيبدو أن للطبيعة هنا أيضاً طرقها الخاصة في تحديد تجمع الذرات الممكنة. وكان اجتلاء هذا السر لغزاً فاتنا يستهوي رجل الكيمياء.

وكان مفتاح هذا السر هو في الإلمام بأعداد كبيرة من المركبات الكيماوية تشابه بعضها بعضاً تشابهاً وثيقاً في خواصها الكيماوية، وتشبه مثل تلك السلسلة من المركبات عائلة كبيرة وجه الشبه بين أفرادها أكثر وضوحاً بكثير منه بين الكائنات البشرية، ووجد الكيمائيون بين تلك الفصائل من المركبات مجموعة من العناصر تحتفظ بذاتيتها باستمرار وتؤثر في خواص كل مركب. ويعرف مثل هذا العنصر أو مثل تلك المجموعة من العناصر باسم الشق، وتبدو هذه الشقائق المركبة كأنها وحدات تجمع الطبيعة الخاصة. وكان التعرف عليها هو مفتاح لغز المتشابهات، إذ أظهرت كيف أن عدد وحدات مركب معين يتحدد بواسطة التجميع إلى شقائق.

وحوالي منتصف القرن التاسع عشر كان التعرف على نظرية التكافؤ حافزاً قوياً لدراسة الكيمياء العضوية. ويمثل تكافؤ العنصر عدد الوحدات التي

---

(١) المتشابهة الأجزاء (المترجم)

يمكن تقسيم قدرته الاتحادية إليها، وعلى هذا يتحد الأكسجين عموماً مع ذرة أو ذرتين من العناصر الأخرى، بينما يتحد الأيدروجين مع ذرة واحدة من غيره من العناصر. ومن جهة أخرى فإن الكربون يتحد مع أربع ذرات من الأيدروجين، ولذلك يقال أن تكافؤ الأيدروجين ١، والأكسجين٢، والكربون٤. وبافتراضنا أن تكافؤ الكربون هو باستمرار ٤، وأن له القدرة على الاتحاد مع ذرات الكربون، فإن الكيمائيين استطاعوا إيجاد رموز لتركيب كثير من المركبات العضوية، وبذلك نظموا أفكارهم.

وبهذه الطريقة وجد الكيمائيون أن كثيراً من مركبات الكربون يمكن تمثيلها بسلسلة من ذرات الكربون. ويمكن تمثيل أخرى بحلقة من ذرات الكربون والنمط الأول للمركبات الحلقية هو البنزين المشتق من قطران الفحم. وينشأ عن إضافة الشقائق لذرة أو لأخرى من حلقة البنزين مئات من المركبات. وفي هذه المركبات نجد أن ذرات الكربون المكونة للحلقة مرتبطة ببعضها ارتباطاً قوياً جداً، بينما نجد الشقائق الإضافية مرتبطة ببعضها ارتباطاً مفككاً، ويمكن تغييرها بسهولة دون أن يختلف نظام الحلقة الرئيسية. وقد مكن فحص تركيب هذه المركبات الحلقية الكيمائي من أن يتحكم في العمليات الكيمائية حسب مشيئته، وعلى ذلك فقد وجد أن أساس كثير من الأصباغ يتكون من حلقتي بنزين متحدتين مع ذرتين من ذرات النيتروجين. ووجد أن لون الصبغة الخاص بها يتوقف على وجود شقائق إضافية في التكوين الأساسي للصبغة. وعلى ذلك كان في استطاعة الكيمائي أن يعمل كساحر منتجاً ألواناً جديدة حسب إرادته.

وكلما ازدادت المعرفة بالمركبات الكربونية أكثر فأكثر تولدت مواد تخليقية مهمة في المعمل؛ فمثلاً زيت عنب القطا[١] الذي نحصل عليه من لحاء الصفصاف، والذي استعمل مدة طويلة علاجاً للروماتزم وجد أن نشاطه يرجع إلى وجود حامض الساليسيليك. ومع ذلك سرعان ما تعلم الكيمائيون تركيب هذا المركبة في المعمل. ووجدوا علاوة على ذلك أن خواصه تتعدد بإضافة شق معين يدعى شق الأسيتيل. ويسمى الناتج عن ذلك إذن باسم حامض آسيتيل الساليسيليك المشهور باسم الأسبرين. ولذلك فقد تخلق في المعمل الكثير من الأدوية الطبية الطبيعية، وكذلك أنواع كثيرة من المطهرات ومواد التخدير، والأدوية لعلاج أمراض خاصة. وقد مكن الكيمائي الطبيب أن يصف علاجاً دقيقاً محدداً بتحضيره هذه المواد في صورة نقية، وبذلك اتسع مدى العلاج الطبي اتساعاً عظيماً.

وقد بنيت انتصارات الكيمياء العضوية على النظرية الذرية، ولكن من المعروف أن الذرة الآن، على الرغم من أنها ما زالت تعتبر وحدة التغير الكيمائي، تتكون من نواة تدور حولها في مدارات وحدات دقيقة ذات شحنة كهربية تدعى الإلكترونات. ويتكون التغير الكيمائي من إعادة ترتيب تلك الالكترونات التي تدول في مدارات وذلك بين الذرات المختلفة مع بقاء النواة في كل حالة كما كانت من قبل. ومن المعروف الآن أن النويات الذرية تتكون من وحدات كهربية، بعضها موجب الشحنة وبعضها متعادل الشحنة.

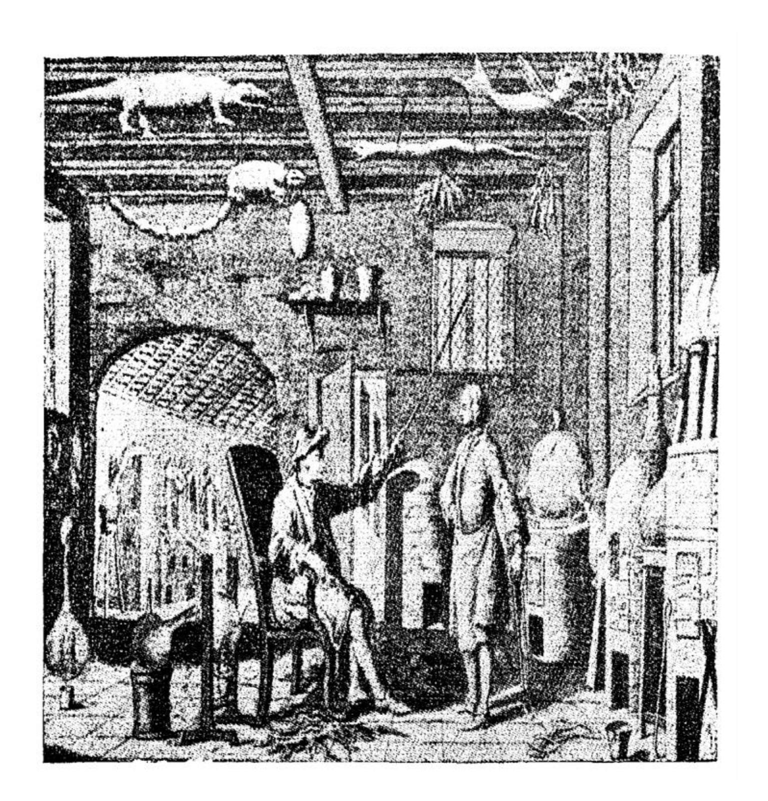
وعلى ذلك فنحن لا نعتبر الآن أن الذرات الكيماوية مواد مختلفة يتراوح عددها ما بين ٩٠ و ١٠٠، بل أنها مكونة من نفس الوحدات

---

(١) نبات يدعى في إنجلترا خضرة الشتاء، وهو نوع من الصفصاف. (المترجم)

الكهربية الأولية، وبذلك فهي أجزاء مرتبطة بعضها ببعض في كون يجمع بين الأشياء الحية وغير الحية.

لوحة رقم ٢١



معمل كيمياء

من صورة منقوشة عام ١٧٤٧

الفصل التاسع

الاهتداء إلى التيار الكهربائي

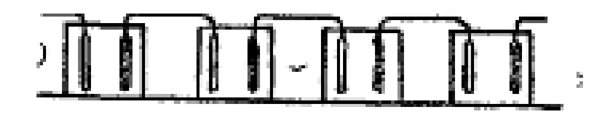
١- الاهتداء إلى التيار الكهربي

إننا لم نتعرف حتى نهاية القرن الثامن عشر على ما يعرف اليوم باسم التيار الكهربائي، وكان معروفًا أن البرق ناتج عن تأثير الكهرباء في السحب. ولكن النتائج الوحيدة التي كانت موضع دراسة والتي كانت في متناول اليد هي الخاصة بالأجسام التي تتكهرب بالدلك. وابتكر بعض الباحثين الأول ومن بينهم بريستلي آلات لتوليد الكهرباء بواسطة الاحتكاك. وقد أمضى بعضهم وقته في عمليات رياضية، وأرهق آخرون أنفسهم باحثين فيما إذا كانت الكهرباء سيالاً واحدًا، أو سيالين.

وتعطينا الدراسات الأولى لتأثير التيار الكهربي أحد الأمثلة القليلة في تاريخ العلم لاكتشاف أتى بمحض الصدفة التامة، وكان الفضل في هذا يرجع إلى عالم تشريح إيطالي يدعى جالفاني (١٧٥٧- ١٧٩٨) الذي تصادف أن كان يقوم بتشريح ضفدعة. وحينما لمس عصبًا معينًا اهتزت الضفدعة مما أثار دهشته، وحاول نتيجة لذلك أن يكشف عن السر في هذا. وفي النهاية أيقن أن الشرط الضروري لإحداث هذه الهزة إلى الوراء إنما هو ملامسة معدنين مختلفين لأعصاب وعضلات الضفدعة (لوحة ٢٢).

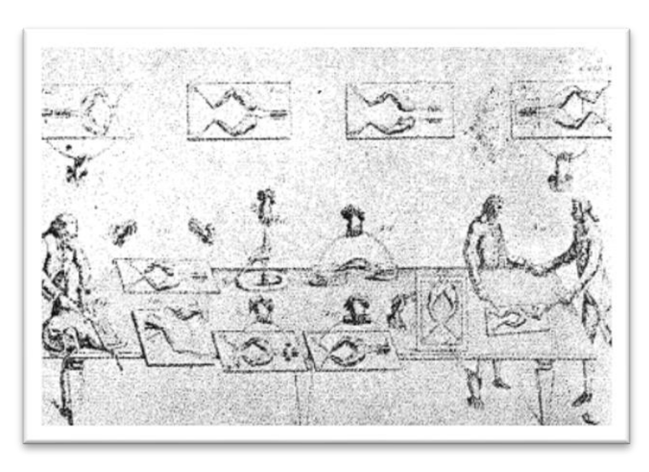
وأثارت النتائج التي وصل إليها جالفاني اهتمامًا بالغًا، وظن الكثير من الناس أن نوعًا جديدًا من الكهرباء قد اكتشف، وأضفوا عليه لقب الكهرباء

الحيوانية، أو الكهرباء الجلفانية، وتبعت هذه الدراسات الأولى أبحاث قام بها أستاذ إيطالي آخر هو فولتا (١٧٤٣– ١٨٢٧) الذي وجد أن التأثيرات الكهربية التي يشعر الإنسان بها كصدمة تسري خلال الأصابع كانت تحدث عند وضع معدنين مختلفين في طبق يحتوي على ماء شديد الملوحة. ووجد أن التأثيرات كانت أعظم عند استعمال عدة ألواح معدنية تنفصل عن بعضها البعض بمادة مسامية مبللة بدرجة كبيرة. وكان الزنك هو أحد المعادن المستعملة باستمرار، والمعدن الآخر أحيانًا نحاس، وأحيانًا فضة. وأصبحت تعرف مثل هذه المجموعة من المعادن باسم العمود الفولتي أو البطارية الفولتية (شكل ٢٩).



(شكل ٢٩) عمود فولتا، أو البطارية

لوحة رقم ٢٢



التجارب الأولى على التيار الكهربي

الصورة في معظمها تبين أرجل ضفادع تلامس معدنين مختلفين

وأرسلت أنباء كشف فولتا للجمعية الملكية، وسرعان ما قام رجال العلم في إنجلترا وكذلك في القارة بصنع أعمدتهم الفولتية الخاصة. صنع اثنان من الباحثين الإنجليز عمودًا كبيرًا، ووضعا قطرات ماء قليلة على اللوح الموضوع على القمة ليضمنا الاتصال بالمادة الرطبة. وبهذه الطريقة أكملا الدائرة. وقد تولتهما الدهشة حينما لاحظا سيلاً من الفقاقيع ينبعث من الماء. ولذلك اختبرا هذا التأثير على نطاق أوسع. وأتما الدائرة الفولتية هذه المرة بغمس أسلاك ذهبية متصلة بالألواح الخارجية للعمود في إناء مملوء بالماء. وبهذه الطريقة وجدا أن الأكسجين والأيدروجين انبعثا عند جميع النقط التي انغمست فيها الأسلاك في الماء. وكانت هذه هي المرة الأولى التي تحلل الماء فيها عن طريق الوسائل الكهربية. لقد أثبت كل من وات، وكافنديش، تكوين الماء عن طريق تحضيره، أما هذه فكانت نتيجة عكسية تتلخص في تحليل الماء إلى عناصره.

وطبيعي أن تثير تلك التجارب المبكرة في التحليل اهتمام العلماء في العالم. وقد أسرع الصيدلي الإنجليزي دافي (١٧٧٨– ١٨٢٩)[1] فاقتفى بحماس أثر الظواهر الجديدة. وبدأ بمحاليل في الماء، ولاحظ حدوث تحليلات كيماوية باستمرار. وبعد ذلك أجرى تجارب مستعملاً مواد مذابة بدلاً من المحاليل. أخذ بوتاس كاوية نقية، وأذابها في ملعقة مصنوعة من البلاتين، وغمس قضيبًا من البلاتين في الكتلة المذابة، ثم وصل اللفة والقضيب بعمود فولتي. لقد ظهرت في الحال كريات معدنية براقة. إن في

(1) دافي معروف في جميع أنحاء العالم كمخترع لمصباح الأمان المستعمل في المناجم، وكان أيضًا أول من لاحظ أن غاز أكسيد الأزوتيك يحدث تخديرًا، ومن ذلك الوقت فصاعدًا صار هذا الغاز يستعمل في طب الأسنان على نطاق واسع.

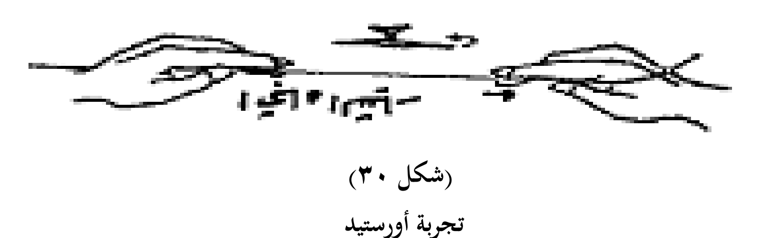
استطاعتنا أن نتصور غبطته. إن البوتاس الكاوية كانت تعتبر عنصرًا حتى ذلك الوقت، ولكنه الآن حصل على شيء آخر منها يبدو عليه أنه معدن. دعا دافي هذا المعدن الجديد بوتاسيوم، وسرعان ما عزل الصوديوم بعد ذلك بوسائل مشابهة. وتعد هذه التجارب بدء استعمال التيار الكهربي في عمليات فنية كثيرة مثل طلاء الأدوات بالفضة أو النيكل أو في صناعة حروف الطباعة كهربيًا. وهي طريقة في الطباعة تصنع بمقتضاها صور من أكليشيهات لاستخدامها في الطبع.

ولم يمض وقت طويل حتى لاحظ دافي آثار أخرى للتيار الكهربي، وكانت هناك بطارية فولتية هائلة تتكون من ألفين من الألواح المزدوجة من الزنك والنحاس في المعهد الملكي في شارع البيمارد الذي عمل مديرًا له عدة سنين. وبمساعدة هذا الجهاز المهيب حصل دافي على شرارة وصفها بأنها قوس أو عمود نور كهربي، ووصل أطراف البطارية الضخمة بقضبان من الكربون وضعت بحيث تحدث تماسًا أولاً ثم تنفصل بعد ذلك([1]). راقب القوس فلاحظ أن الكربون المتصل بألواح النحاس، والذي نسميه الطرف الموجب اشتعل بسرعة أكبر بكثير من الكربون الآخر متخذًا شكل كشكل الكأس. ووجد أن هذا القوس الكهربي بلغت حرارته درجة أذابت البلاتين وأشعلت النار في قطع الماس. والقوس الكهربي ظاهرة مألوفة في إنارة الشوارع، ويستعمل أيضًا في عمليات فنية كثيرة تتطلب أفرانًا شديدة الحرارة مثل استخلاص الألمنيوم من خاماته، ذلك المعدن الشائع الاستعمال اليوم، إذ هو ضروري مثلاً للمسبوكات المستعملة في السيارة والطائرة الحديثتين، التي تعتمد لذلك على درجة الحرارة العالية للفرن الكهربي.

([1]) إن من لديه بطارية مشعل جيب، أو مركم يلاحظ حدوث شرارة عندما يوصل النهايات برهة ثم يفصلها عن بعضها، وهذا معناه أن التيار يقذفه عبر الثغرة يتخذ طريقًا لنفسه، محدثًا بذلك نورًا وحرارة.

٢- الكهرومغناطيسية

أثناء شتاء ١٨١٩- ١٨٢٠ كان أستاذ طبيعة في كوبنهاجن يلقي سلسلة محاضرات في الكهرباء والجلفانية والمغناطيسية، إذ خالجه شعور مدة طويلة أنه لا بد من وجود علاقة ما بين هذه الظواهر. وقد كانت تجاربه الأولى تجارب فاشلة، ولكنه وجد في النهاية أنه حينما أمسك سلكًا حاملاً تيارًا موازيًا لمغناطيس نطر هذا السلك جانبًا. لقد حقق هذه النتيجة، وبذلك اقتنع أن التيار ينشأ عنه قوة مغناطيسية تعمل داخل السلك (شكل ٣٠) وكان هذا الأستاذ هو هانز كريستيان أورستيد (١٧٧٧- ١٨٥١) وقد فتحت هذه النتيجة التي وصل إليها الباب على مصراعيه لميدان جديد كل الجدة من البحث.



(شكل ٣٠)
تجربة أورستيد

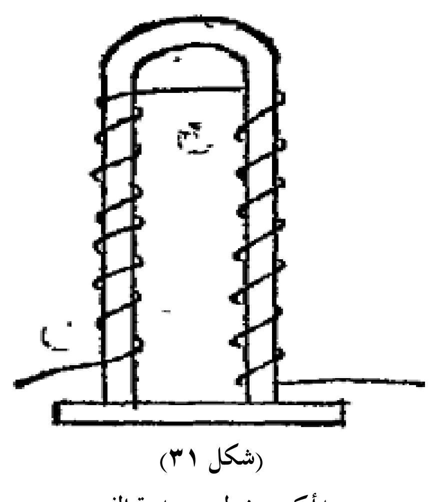
وسرعان ما ذاعت أنباء هذا الكشف. فخلال أسبوع وجد عالم فيزياء فرنسي يدعى أمبير (١٧٧٥- ١٨٣٦) أن هناك تفاعلاً متبادلاً بين موصلين متوازيين يحملان تيارًا كهربيًا، إذ يجذب الموصلان بعضهما البعض إذا كان التياران في نفس الاتجاه، ويتنافران إذا سارا في اتجاهين متضادين. وعلاوة على ابتكار أمبير أجهزة دقيقة يمكن مشاهدة هذه الآثار بواسطتها تقدم بنظرية رياضية تامة.

وأوجد اكتشاف أورستيد الوسيلة للكشف عن التيار بتأثيره المغناطيسي، ويطلق على الآلات التي تقوم بمثل هذه المهمة

الجلفانومترات[1]. وتوجد في كل جلفانومتر قوة انحراف راجعة للتيار من شأنها أن تسبب انحراف الإبرة، وقوة ضابطة تعمل على الاحتفاظ بالمغناطيس في وضعه الأصلي. وبلف عدة ليات من السلك حول إطار أمكن ازدياد قوة الانحراف، بينما بقيت القوة الضابطة كما كانت قبلاً بسبب مغناطيسية الأرض، وذلك لأن الجهاز أصبح أشد حساسية. واستعملت مثل هذه الجلفانومترات في آلات التلغراف الأولى في النصف الأول من القرن التاسع عشر. وقد عبر عن انحرافات الإبرة يمينًا أو يسارًا نتيجة لاتجاه التيار بحروف مختلفة استخدمت في إرسال الرسائل.

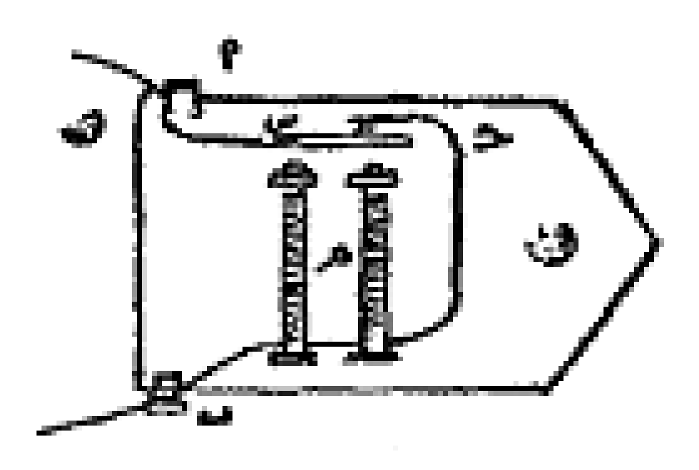
وسرعان ما أدخلت تحسينات في التلغراف حينما ألقي الضوء على حقائق أكثر في مجال الكهرومغناطيسية. وبعد اكتشاف أورستيد بسنين قليلة صنع عامل ميكانيكي في لندن قطعة من حديد نقي نوعًا على شكل حدوة الفرس ملفوفة بلفة طويلة من السلك (شكل ٣١). وجد أنه عند إمرار تيار خلال اللفة يصير الحديد ممغنطًا ويلتقط قطعة أخرى من الحديد، ومع ذلك وجد عند حبس التيار أن الحديد فقد مغناطيسيته فورًا ويسمى مثل هذا الجهاز المغنطيس الكهربي، وسرعان ما وضعت المغنطة الفجائية للحديد واستلاب المغنطة منه موضع الاستخدام العملي في إرسال البرقيات بواسطة التلغراف.

([1]) الجلفانومتر جهاز لمعرفة صفة التيار الكهربي الموجود. (المترجم)



(شكل ٣١)
مبدأ كهرومغنطيس حدوة الفرس

وعلى ذلك وجد أن الراسل يمكنه أن يستثير تيارًا كهرومغناطيسيًا في الطرف المستقبل بمجرد تحريكه مفتاحًا متحركًا، وبذلك يجذب المغنطيس الكهربي قطعة حديد ملتصقة بزنبرك، وتحدث بذلك طقطقة. ويمكن للراسل بعد ذلك أن يطيل الفترات بين الطقطقات أو يقصرها، وبهذه الطريقة يرسل الرسالة حسب قانون متفق عليه. وهناك نظام أفضل بكثير كان يتلخص في جعل التيار الذي أثار المغنطيس الكهربي يمر خلال الزنبرك نفسه (شكل ٣٢) وأنه بمجرد جذب قطعة الحديد الصغيرة إلى وضعها الأول بواسطة الزنبرك. ويتكرر حدوث نفس الشيء عدة مرات، ولذلك تستمر قطعة الحديد في تحركها بسرعة ذهابًا وإيابًا بصوت ذي رنين. ويمكن بذلك تمييز الإشارات الطويلة والقصيرة بطول رنينها. وكان هذا بالطبع أبسط بكثير توقف طويلة أو قصيرة، وأكثر ضمانًا بكثير من ملاحظة إشارات صادرة عن تذبذبات إبرة غير منتظمة يمينًا وشمالاً. ومن ذلك الوقت فصاعدًا أصبح المغنطيس الكهربي جزءًا أساسيًا في جميع أجهزة التلغرافات.



(شكل ٣٢)

مبدأ الزنان والجرس الكهربي. يدخل التيار عند أ، ويمر خلال الزنبرك س إلى نقطة الاتصال ج. ومن هناك يمر خلال الملفات الكهرومغنطيسية م إلى النهاية ب. وتحدث حكة الزنبرك السريعة ضد نقطة الاتصال رنينًا. وبإلصاق مطرقة بالزنبرك يمكن جعله يعطي رنينًا متواصلاً للجرس.

وحينما أنشئت مركبات الترام الكهربية أصبح من المحقق ضرورة إيجاد فرملة قوية لإيقاف الترام، إذ لم يكن قطع سريان التيار الكهربي كافيًا. وقد وجد المغنطيس الكهربي في هذه الحالة أيضًا مجالاً للاستخدام. ويتكون جسم الفرملة الكهربية العادية من حديد بداخله لفة من سلك يمكن أن تحمل تيارًا، وبذلك تمغنط الحديد. وحينما لا يكون التيار ساريًا، فإن الفرامل تكون بعيدة تمامًا عن القضبان الحديدية التي يسير الترام عليها. وعندما ينطلق التيار ليمغنط الفرملة بواسطة محول يتحكم فيه السائق، فإن الفرملة تتمغنط في الحال بقوة وتلتصق بالقضبان.

وتستعمل أيضًا أجهزة مغنطيس كهربي كبيرة لدفع كتل من الحديد، وذلك لأن فتح وقفل التيار الممغنط أيسر بكثير من عملية الشحن والتفريغ. وهناك تطبيق آخر مألوف جدًا للكهرومغنطيسية ألا وهو الجرس الكهربائي، الذي يشبه الزنانة، ويتضح عمله لأي إنسان يتكبد مشقة النظر إلى جرس منزله.

٣- أول قانون خاص بالتيار الكهربي

كان رجال العلم في السنين التي أعقبت التعرف على التيار الكهربي مباشرة جد مغتبطين باكتشافهم التأثيرات الجديدة وابتكارهم أجهزة جديدة. وبصرف النظر عن ملاحظة الباحثين الأول أن هناك بعض مواد توصل التيارات الكهربية، والبعض الآخر لا يوصلها وهي المواد المعروفة باسم المواد العازلة، إلا أنهم لم يدركوا الأحوال التي يستطيع التيار أن ينساب فيها إلا قليلاً.

ويرجع الفضل في بعض التجارب المهمة الخاصة بالقدرة على التوصيل إلى دافي، كانت طريقته قائمة على أن الماء لا يمكن تحليله بواسطة تيار كهربي في كل الظروف، إذ أحيانًا ما يكون التيار ضعيفًا بدرجة لا يستطيع معها إحداث أي تغيير على الإطلاق.

وصل دافي نهايات عمود فولتي بمسلكين موصلين للكهرباء، أحدهما ماء موضوع في إناء ملائم، والثاني عبارة عن سلك معدني. وكان يعدل من طول هذا السلك إلى أن انتهى تحليل الماء تمامًا. ثم كرر التجربة مستعملاً أسلاكًا مختلفة من مواد مختلفة ذات قطاعات مستعرضة، ولكن مع احتفاظه بنفس إناء الماء بصفته المسلك الموصل الآخر. وبمقارنته النتائج التي وصل

إليها وجد أن قوة التوصيل لسلك متجانس من أي مادة معينة يتناسب (أ) طرديًا مع مساحة القطع المستعرض (ب) وعكسيًا مع الطول.

ومن سوء الطالع لم يسر دافي بهذه الأبحاث شوطًا بعيدًا بدرجة كافية، ولكنه دنا دنوًا كبيرًا من مفهوم المقاومة والقوة الكهربية الدافعة اللذين أعلنهما للعالم عالم فيزياء ألماني يدعى جورج سيمون أوم (١٧٨٧– ١٨٥٤) بعد ذلك بسنين قليلة. ويرجع الفضل في أول ناموس عام، أو قانون خاص بالتيارات الكهربية لأوم. ومن الغريب حقًا أنه على الرغم من قيام أوم بتجارب عدة، إلا أن القانون المقترن باسمه كان نتيجة لاعتبارات نظرية محضة.

وبدأ أوم بمقارنة انسياب الكهرباء بانسياب الحرارة في قضيب، واستنتج أن التيار المنساب في موصل طويل يتوقف حتمًا على (أ) قوة توصيل المادة المختصة (ب) القطاع المستعرض للموصل (جـ) ويتناسب عكسيًا مع طول الموصل (د) وطرديًا مع شدة التيار المتولد من البطارية. وهذه الشدة هي ما نسميها الآن القوة الدافعة الكهربية. والصيغة التي تعبر عادة عن نتيجة أوم هي أن التيار يتناسب طرديًا مع القوة الدافعة الكهربية، وعكسيًا مع مقاومة الموصل. أو نستطيع أن نقول أيضًا أن نسبة القوة الدافعة الكهربية إلى شدة التيار المنساب هو مقدار ثابت نطلق عليه مقاومة الموصل. وتستعمل هذه النتيجة باستمرار في المعمل، وفي ورشة المهندس الكهربي.

وبعد حوالي ثلاثين عامًا من موت أوم مجد مؤتمر دولي مهم للوحدات الكهربية ذكراه بتسمية الوحدة العملية للمقاومة باسم الأوم. وسميت الوحدة العملية للقوة الدافعة الكهربية الفولت على اسم فولتا، ووحدة التيار أمبير على اسم الفيزيائي الفرنسي أمبير، ووحدة الفولت الوات على اسم المهندس العظيم جيمس وات. والقوة الكهربية للوات عبارة عن معدل الشغل الذي

يحدثه تيار شدته أمبير واحد تحت تأثير قوة دفع كهربية مقدارها فولت واحد. وعلى ذلك فإن أسماء هؤلاء الرواد مألوفة لجميع الكهربائيين العاملين الذين يتحدثون عن الأمبيرات والأمبيرية، ولربة البيت التي تتباحث في مقدار الفولتات اللازمة لمكنستها الكهربية والتي تدفع ثمن القوة الكهربية التي تستهلكها بالكيلوات ساعة.

وسرعان ما أعلن اكتشاف أورستيد حتى وجدت علاقة غير متوقعة بين الكهرباء والحرارة بواسطة توماس جوهان سيبيك (١٧٧٠- ١٨٣١) من برلين. كون سيبيك دائرة من معدنين مختلفين النحاس والبزموت ملتحمين سويًا. ولاحظ أن تيارًا كان يسري خلال الدائرة طالما ظلت نقط الاتصال في درجات حرارة مختلفة. وقد استولت عليه الدهشة إذ وجد الكهرباء تتولد هكذا لا بالدلك، ولا من بطارية كيماوية، بل بمجرد اختلاف في درجات الحرارة عند نقطة اتصال دائرته. وبقيت هذه النتيجة مدة طويلة مجال بحث، ولكنها استخدمت مع ذلك في صناعة جهاز مفيد. إن التأثير يكون بسيطًا جدًا باستعمال زوج واحد من المعادن، ولكن في الإمكان مضاعفة التيار باستعمال عدد كبير من الأزواج. وفي الجهاز الذي نعرفه اليوم باسم الثيرموبيل([١]) المستعمل ككاشف دقيق للإشعاع يستخدم عدد كبير من أزواج المعادن منسقة تنسيقًا ملائمًا.

٤- اكتشاف الحث الكهرومغنطيسي

بينما كان أوم يجري تجاربه في ألمانيا وأمبير يجري تجاربه في فرنسا، كان أحد مساعدي دافي في إنجلترا ميخائيل فاراداي (١٧٩١- ١٨٦٧)

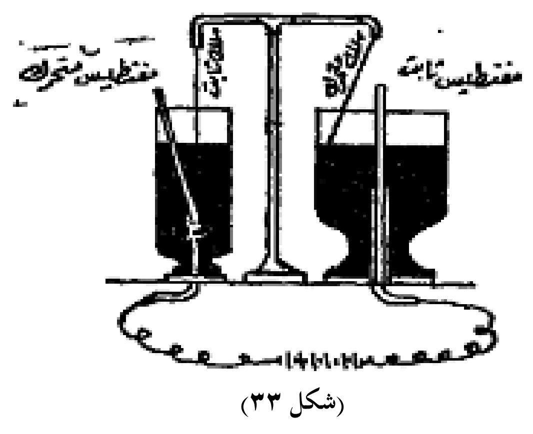
([١]) أول مقياس التشعع. (المترجم)

يقوم ببحث موضوع الكهرومغنطيسية. وقد أدت أبحاثه إلى اكتشاف من أهم الاكتشافات ذات الأثر البعيد المدى في تاريخ العلم، وذلك هو الحث الكهرومغنطيسي.

نشأ فاراداي من أبوين فقيرين ولم يحصل إلا على القليل جدًا من التعليم المدرسي، وعمل سنينًا صبيًا في ورشة تجليد كتب. ولقد اعتاد أن يقرأ أي كتب علمية تصل إلى يده، وأنفق مصروفه في شراء مواد لعمل الأجهزة التي يقوم بصنعها في المنزل. وذات مرة حضر المحاضرات التي كان همفري دافي يلقيها في المعهد الملكي في شارع البيمارل، وكان دافي في ذلك الوقت في أوج شهرته وكان علية القوم كلهم في لندن يهرعون ليسمعوه. لقد أذكت المحاضرات الحماس الصبياني لفاراداي الصغير، وتاق للحصول على عمل ما في مجال العلم. وفي النهاية حينما انتهى عمله كصبي في محل تجليد الكتب، وبدأ يعمل في حرفته وجد الحياة كريهة بدرجة أنه قرر الحصول على وظيفة ما مهما كانت متواضعة، في خدمة العلم. ولذلك اتخذ الخطوة البسيطة الجريئة ألا وهي الكتابة المباشرة لدافي. وفي نفس الوقت ضمن رسالته مذكرات دقيقة عن محاضرات دافي. لقد أحدثت نغمة خطابه المخلصة ومذكراته الدقيقة الواضحة تأثيرًا حسنًا في دافي، ونتج عن هذا أن أصبح فاراداي محضرًا في معمل في المعهد الملكي.

وبعد أن قضى فاراداي سنين يتعلم الأشغال اليدوية والقيام ببعض الأبحاث الصغيرة سمع عن اكتشاف الكهرومغنطيسية الجديدة. كرر تجربة أورستيد، وأدرك أنه لا بد من وجود قوة مغنطيسية تعمل حول السلك، واعتقد أنه لو أمكننا جعل قطب مغنطيسي يدور حول تيار، إذن فلا بد أن يدور سلك حامل للتيار حول قطب مغنطيسي. لقد تخيل التجربة في ذهنه، ورأى أن

المسألة ما هي إلا مسألة ترتيب للتفاصيل فقط بحيث أنه لا بد أن يكون المغنطيس حرًا في حركته في الحالة الأولى، ويكون السلك الحامل للتيار حرًا في حركته في الحالة الثانية. وبعد ذلك أعد أجهزة يمكن بواسطتها الحصول على هذه الدورات المتوافقة.



(شكل ٣٣)

جهاز دلل به فاراداي على الدورات الكهرومغنطيسية

وكانت تتكون دائرته من إنائين يحتويان زئبقًا، ثم وضعت أسلاك موصلة مناسبة بحيث أصبح في أحد الآنية مغنطيس ثابت وسلك حر الحركة، وفي الثاني سلك ثابت ومغنطيس متحرك (شكل ٣٣). انتقل التيار من السلك خلال الزئبق الموجود في الكأس الأيسر إلى دبوس نحاسي متدل إلى قاعدة الإناء. وكان المغنطيس الثابت في الإناء الأيمن موضوعًا في جراب في قاعدة الإناء، وكان السلك (ب) في إمكانه أن يتحرك بحرية وهو منغمس في الزئبق بواسطة وصلة تتحرك في جراب كروي في (ج). وبمجرد تمام الدائرة ابتدأ المغنطيس في الإناء الأول والسلك في الإناء الثاني يتحركان، واستمرا كذلك طول مرور التيار.

وحصل فاراداي كذلك على دورات ميكانيكية بواسطة تيار كهربي. وكان جهازه البشير الأول للموتور الكهربي الذي يمكن بواسطته جعل تيار كهربي يحدث دورات تستعمل لإدارة الآلات، وتحريك مركبات الترام والقطارات. وحدث تلاؤم اكتشافات فاراداي مع الحياة العملية بعد إجراء تجاربه الأصلية بوقت طويل ولم يعط فاراداي نفسه أية فكرة عن التطبيقات الممكنة لعمله في الميدان التجاري. لقد كان يكد وكدح من أجل العلم فحسب.

وقام فاراداي بتجاربه لإحداث طاقات دوران كهرومغنطيسية عام ١٨٢١. وبعد ذلك بسنين أصبح زميلاً في الجمعية الملكية. وكان في ذلك الحين مشغولاً بأبحاثه في الكلور. وقد انتخب زميلاً لأنه كان متفقهًا بدرجة كبيرة في العلوم الكيماوية. وفي سنة ١٨٢٥ صار مديرًا لمعامل المعهد الملكي. ومن أوائل الأشياء التي قام بها تنظيم اجتماعات في أمسيات أيام الجمع يمكن للأعضاء وأصدقائهم حضورها لإلقاء المحاضرات والاشتراك في المناقشات. وسرعان ما أصبحت هذه الاجتماعات اجتماعات محببة للناس، إذ كان فاراداي محاضرًا خلابًا وقادرًا على أن يبث في مستمعيه بعضًا من حماسه. وكان في ذلك الوقت مشغولاً بعمل كثير، وذلك لأنه بالإضافة إلى واجباته العادية في المعهد كان مشغولاً بتجارب عن استعمال أنواع مختلفة من الزجاج للأغراض البصرية. ولكن الظاهر من مذكراته ورسائله أن رغبته الكبرى كانت الرجوع إلى عمله في الكهرومغنطيسية. وكان يعتقد اعتقادًا جازمًا أنه بما أن تيارًا يحدث تأثيرًا مغنطيسيًا، فمن الممكن لذلك أن نجعل المغنطيسية بطريقة ما تنتج تيارًا. وكانت هذه هي الفكرة التي هدته إلى عمله العظيم الذي انتهى إليه.

وتضرب لنا أبحاث فاراداي مثلاً ممتازًا للطريقة العلمية. وبدأ فاراداي بالإلمام إلمامًا تامًا بما في ميدان العلم كله عن الظواهر عن الظواهر الكهربية والمغنطيسية الموجودة حينئذٍ. ونتيجة لذلك ازدادت معرفته بدرجة أن أصبح قادرًا على تفسير ما يدور في خلد الشخص غير المتعلم أنه مجرد شيء شاذ أو مجرد مصادفة. إنه لم يسر في عمله إطلاقًا بطريقة خبط عشواء، ولكنه كان يتطلع باستمرار إلى شيء محدد. لقد نجح حيث فشل الناس الآخرون، وذلك لأنه بصرف النظر عن همته التي لا تكل، وعن رغبته في الوصول إلى الحقيقة كان يتمتع بفراسة وقوة خيال، ولذلك كان يرى أن هناك إمكانيات، في الوقت الذي كان فيه الآخرون يتحسسون طريقهم وهم يتخبطون.

ولقد رأينا كيف كان من رأي فرانسيس بيكون وهو يكتب عن الكشف العلمي أن من الواجب علينا القيام بكل الدراسات الممكنة وإجراء كل التجارب المستطاعة. وبعد ذلك نقوم باستقصاء شامل للعلاقات التي تربط الحقائق بعضها ببعض. وبهذه الطريقة نصل إلى القانون العلمي. ولكن تاريخ العلم يرينا أن الاكتشافات لم تتم طبقًا لقواعد بيكون، إذ عادةً حينما يبدأ القائم بالتجارب عمله، يبدأ خياله في أن يلعب دوره، ولذلك فإنه يحدد عدد تجاربه طبقًا للفروض التي يفترضها. وليست هذه الفروض تخمينات لا ضابط لها، بل حلقات في سلسلة استدلالية ترتبط بعضها ببعض بخيال جامح ولكنه خيال منظم.

ولم يتوقف فاراداي حينما نجح في جعل مغنطيس يدور حول تيار، وتيار يدور حول مغنطيس. لقد شعر أن هذه النتائج، وكذلك النتائج التي وصل إليها أورستيد، وأمبير، لا بد أن تكون راجعة إلى عامل مشترك. ومن

حسن الحظ أن فاراداي ترك لنا سجلاً كاملاً لأبحاثه([1]). ولأوصافه أهمية خاصة، إذ أنها كتبت في وقت قيامه بتجاربه. إننا نقف منها على ما فشل فيه، وما صادف فيه نجاحًا.

وعلى ذلك نستطيع أن ندرك لحد ما كيف كان يعمل، وكيف توصل إلى نتائجه.

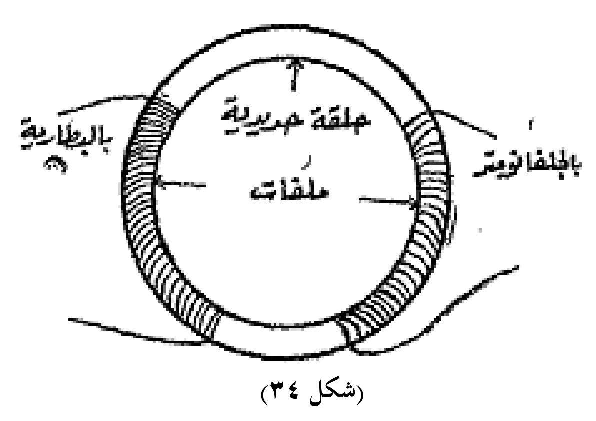
ويخبرنا في أول سلسلة من أبحاثه أنه شرع يبحث فيما إذا كان في الإمكان نشأة الكهرباء من المغنطيسية، وفيما إذا كان في استطاعة تيار إحداث تيار آخر في موصل مجاور دون أن يتلامسا، بالضبط كما كان معروفًا من قبل من أن الكهرباء الناتجة من الاحتكاك تحدث شحنة في جسم آخر. لقد استغرقت محاولاته الأولى عدة سنين، ولكنها لم تؤد إلى نتائج إيجابية. ومع ذلك ففي ٢٩ من أغسطس سنة ١٨٣١ صادف أول نجاح له وهو يوم مشهود في تاريخ العلم.

أخذ فاراداي خاتم حديد سميكا وربط حوله لفتين منفصلتين من السلك، وكانت إحدى اللفتين متصلة ببطارية فولتية، والأخرى بجلفانومتر (شكل ٣٤). وعند إتمام الدائرة اكتشف تيارًا قويًا في اللفة الأخرى. وبنيت هذه النتائج سريان تيار عابر في اللفة الثانية. وكان هذا هو نفس الشيء الذي كان يبحث عنه. وحقق هذه النتيجة عدة مرات، وحينئذٍ بدأ يعمل ليغير التفاصيل.

واستعمل أحد الأيام لفة أسطوانية طويلة من السلك فوجد أن تيارًا تأثيريًا حدث حينما دفع بمغنطيس إلى اللفة، وأيضًا حينما جذبه إلى الخارج

([1]) كتاب أبحاث تجريبية في الكهرباء في ثلاثة مجلدات (لندن ١٨٣٩).

مرة ثانية. وكانت هذه التيارات التأثيرية تسير في اتجاهات مضادة، ولم يكن هناك تيار تأثيري إطلاقًا حينما كان المغنطيس ساكنًا.



(شكل ٣٤)

تجربة فاراداي التي بين بها التيارات الحاثة أو التأثيرية

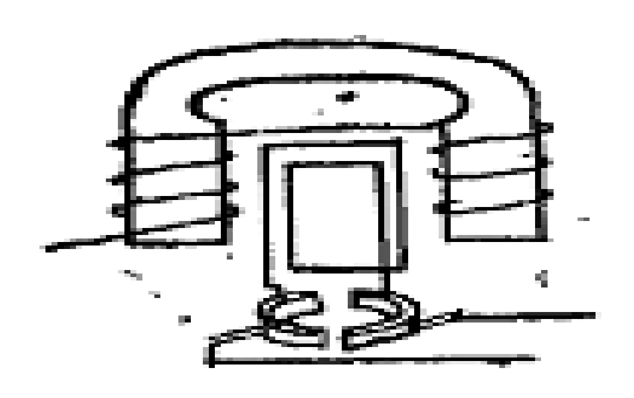
وفي مناسبة أخرى حينما عاد فاراداي إلى تجربته تلك استغنى عن المغنطيس كلية، وكون لفاته بلفها حول كتلة خشبية فحسب. ثم وصل إحدى هاتين اللفتين بجلفانومتر بعيد والأخرى ببطارية. وقد لاحظ رعدة بسيطة في إبرة الجلفانومتر عند سريان التيار في اللفة الأخرى، أو عند قطعه. ولاحظ أن الإبرة تتحرك في اتجاهين متضادين عند حدوث التيار الرئيسي أو عند انقطاعه، مبينة بذلك حدوث تيارات تأثيرية عابرة في اتجاهات متضادة.

وفي مرة أخرى، بدلاً من تحريك مغنطيس خلال لفة سلك، عمل فاراداي ترتيبه على أن يدور موصل على شكل قرص نحاسي بين قطبي مغنطيس قوي. ووجد أن تيارًا تأثيريًا قد حدث عند دوران القرص. وأخذ في مناسبة أخرى سلكًا نحاسيًا متصلاً بجلفانومتر، وحركه بسرعة بين قطبي المغنطيس، فلاحظ أيضًا تيارًا تأثيريًا أثناء الحركة.

ويمكن تلخيص النتائج التي وصل إليها بأن التيارات التأثيرية تحدث طالما حدث تغير في الأحوال المغنطيسية. وكان يحدث هذا التغيير في بعض الحالات بتحريك مغنطيس بالفعل. وفي بعض الحالات الأخرى حينما كان لا يوجد مغنطيس كان السريان الفجائي أو الإيقاف الفجائي لتيار في لفة ما في شأنه تغيير الأحوال المغنطيسية. ووجهت الجهود التي بذلت بعد ذلك لإنتاج تيارات تأثيرية أكبر مدى بجعل معدل هذا التغيير كبيرًا بدرجة كافية.

٥- إنتاج الكهرباء على نطاق واسع

كان قرص فاراداي النحاسي الدائر بين قطبي مغنطيس كهربي أول آلة كهرومغنطيسية، وهي التي يطلق عليها غالبًا اسم مولد أو دينامو (شكل ٣٥).



(شكل ٣٥)
أبسط أنواع الدينامو أو الجزء المكمل له، الموتور

والدينامو الحديث ذو تصميم معقد، ولكنه يتكون أساسًا من موصل مناسب مكون من عدة لفات يتحرك بين قطبي مغنطيس قوي. والموتور الكهربي هو الجزء المكمل للدينامو. ولم يتبين فاراداي أهميته في الدورات المغنطيسية التي لاحظها في بدء حياته العملية. ويمر في الموتور تيار من

الخارج إلى موصل مناسب قائم بين قطبي مغنطيس قوي. وبهذا يدور الموصل، ويمكن استخدام حركته في إدارة الآلات أو تحريك مركبات الترام أو القطارات. ومن الغرابة بمكان أن الموتور وصل إلى حالة طيبة من التطور بينما ظل الدينامو وقتًا طويلاً مجرد لعبة علمية. ففي عام ١٨٣٩ استخدم موتور كهربي في تحريك قارب بسرعة $\frac{1}{2}$٢ ميلا في الساعة. ولا عجب إن لم تكن هناك في تلك الأيام قوانين لتنظيم حدود السرعة. وكانت الموتورات الأولى تستمد تيارها من بطاريات فولتية. ومع ذلك فكانت الموتورات القوية تستلزم مصدرًا أقوى للتيارات، ولم يكن هذا ميسورًا حتى تحسن الدينامو.

وفي أثناء مناقشة دارت في معهد المهندسين سنة ١٨٥٧ حسبت تكاليف إدارة موتور كهربي من خلايا فولتية. لقد وصلت تكاليف الزنك المستعمل في الخلايا إلى درجة أن أصبحت تكاليف القوى الكهربية في ذلك الوقت ضعف تكاليف القوى البخارية ستين مرة. ونتج عن ذلك أن أعطى كل السادة البارزين أصواتهم ضد القوة الكهربية. ولم يتحسن الدينامو بدرجة كافية لجعل القوة الكهربية شيئًا عمليًا حتى سنة ١٨٧٠. ومع ذلك فقد أصبح إنتاج الكهرباء على نطاق واسع من ذلك الوقت فصاعدًا أرخص بكثير حتى دخلت الكهرباء المستخدمة في أغراض الإنارة والتدفئة المنزلية، وتحريك مركبات الترام والقطارات مجال التطور التجاري.

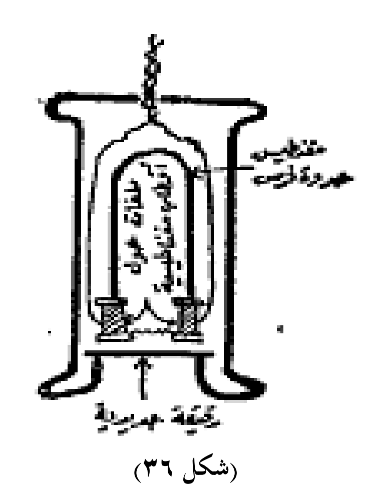
والاستعمالات الأخرى لاكتشاف فاراداي العظيم في حياتنا اليومية عديدة جدًا بدرجة أننا لا نستطيع إلا أن نعطي مجرد إحصاء لبعض منها. فمثلاً الملف التأثيري الذي يمكننا من الحصول على قوة دافعة كهربية عالية جدًا من تيار مستمر من عدد قليل من الخلايا الفولتية ما هو إلا تعديل لملفي فاراداي الملفوفين حول قضيب حديدي. ويتكون الملف الداخلي أو

الابتدائي في الملف التأثيري من ليات قليلة من سلك سميك، ويتكون الملف الداخلي أو الثانوي من آلاف الليات من سلك دقيق جدًا مكسو بطبقة عازلة بطريقة متقنة. ويحدث التيار في الملف الابتدائي وينقطع بشكل مستمر بواسطة جهاز بسيط مشابه للجهاز المستعمل في الجرس الكهربي المألوف لنا. وتحدث التيارات المتغيرة بسرعة في الملف الابتدائي قوة دافعة كهربية عالية في الملف الثانوي.

وغالبًا ما تكون ملفات التأثير مطلوبة في الأبحاث الفيزيائية، وحيث أنها ضرورية لإنتاج الأشعة السينية، فإنها توجد في جميع المستشفيات الحديثة. ويستخدم الملف التأثيري في تحويل قوة دافعة كهربية منخفضة إلى قوة عالية. ولكن من الممكن استخدام جهاز مماثل مكون من لفتين حول قضيب حديدي عادي لتحويل قوة كهربية عالية إلى قوة منخفضة وعلى ذلك فإن القوة الفولتية العالية الناتجة من محطة توليد الكهرباء لا بد من تحويلها إلى قوة أقل لإنارة المنازل والشوارع. ويدعى الجهاز الذي يتم عن طريقه هذا التحويل بالمحول، ويغير التيار التأثيري في موصل دينامو اتجاهه في كل دورة، معطيًا بذلك ما نسميه بالتيار المتناوب أو المتقطع. وإذا وجه مثل هذا التيار إلى ملف واحد لمحول، فإن تناوباته تحدث قوة كهربية دافعة متغيرة في الملف الآخر، ولذلك فلا تكون هناك حاجة لجهاز واصل فاصل، كما هي الحال في الملف التأثيري. ومبدأ المحول مطبق في كثير من أنواع الدوائر المستعملة في الإرسال والاستقبال اللاسلكي.

وكذلك فإن المغناط المستعمل في كثير من الموتوسيكلات والسيارات لإحداث شرارة خلال مزيج الغازات التي يحتاجها المحرك ما هو إلا نوع من الملفات التأثيرية الدوارة. وبدلاً من أن يستمد التيار من بطارية، فإنه ينتج عن

دوران الملفين المزدوجين بين قطبي مغنطيس قوي. وتنتج قوة كهربية دافعة تكفي لإحداث شرارة بواسطة استمرار وصل وقطع التيار في ملف واحد بواسطة كامة([1]) تدفع بطرفين متصلين إلى الانفصال ثم يلتئمان ثانية بواسطة زنبرك. والتليفون تطبيق آخر لمبدأ التيارات التأثيرية، ويتكون في أبسط صورة من مغنطيس على شكل حدوة فرس بملفات من سلك مكسوة بمادة عازلة حول الأقطاب (شكل٣٦).



(شكل ٣٦)
أبسط أنواع التليفونات المرسل أو المستقبل

وتوجد رقيقة مرنة من الحديد داخل السماعة، وعندما يتحدث الإنسان في السماعة يحدث الصوت ذبذبات في الهواء تحرك رقيقة الحديد. وبما أن الحديد ممغنط فإن تحركات رقيقة الحديد تحدث تيارات تأثيرية في الملفات وتنتقل هذه التيارات التأثيرية من الملفات إلى الأسلاك المؤدية إلى جهاز الاستقبال الذي قد يبعد أميالاً. ومع ذلك فهذه التيارات العابرة التي تصل جهاز الاستقبال تحدث تحركات في طبلة رقيقة تحدث ذبذبات في الهواء

([1]) قرص التنظيم المحول. (المترجم)

تسمع كصوت. وهناك أنواع عديدة من الأجهزة لتحويل الطاقة الصوتية إلى طاقة كهربية والعكس بالعكس. ويتركب نوع شائع من الميكروفون مستعمل كجهاز إرسال تليفوني من حبيبات كربون بين كتلتين من الكربون. وينساب تيار من بطارية بين الحبيبات، ويسبب أي ضغط صوتي على الطبلة تغيرًا في مقاومة الحبيبات وذبذبات تيارية متماثلة. ويجب في جميع حالات إرسال الحديث، والموسيقى عن طريق اللاسلكي تصميم أجهزة تحول الصوت، كما هو حادث الآن فعلاً، إلى تيارات، وبعد ذلك تتحول التيارات في الطرف المستقبل إلى صوت.

٦- الإبراق البعيد المدى

كان على الإنسان في الأيام الأولى لإرسال الرسائل عن طريق التلغراف أن يراقب عند محطة الاستقبال تأرجحات إبرة ذات اليمين وذات الشمال، أو ينصت إلى رنات، ثم يسجل الرسالة طبقًا لنظام إشارات وضع من قبل. ولكن المراقب المسكين لم يكن في استطاعته أن يجلس ليل نهار منتظرًا رسالته. ولذلك كان من الضروري قبل أن يصبح التلغراف أداة فعالة لإرسال الرسائل في أعمال الحياة العادية إيجاد وسيلة لتسجيل تلك الرسائل تلقائيًا.

وأنشئ أول تلغراف مسجل عمليا بواسطة مورس أحد أهالي أمريكا (١٧٩١- ١٨٧٢)، واسمه معروف في العالم كله بسبب نظام إشاراته المكون من نقط وشرط. اخترع مورس آلته بعد أن زار أوربا عام ١٨٣٢ وألم باكتشاف فاراداي للحث الكهرومغنطيسي. ثم ابتكر جهازًا تثير فيه التيارات التأثيرية مغنطيسًا كهربيًا في الطرف المستقبل. لقد كان أمرًا هينًا جعل المغنطيس الكهربي يجذب قطعة حديد ملتصق بها قلم رصاص وبذلك يدون

علامات على قصاصة ورق تسحب بآلة تشبه الساعة. وعلى ذلك كانت تسجل الرسائل تلقائيًا.

وبمثل هذه الوسائل أصبح الإبراق أمرًا عمليًا جدًا عبر مسافات قصيرة. ومع ذلك فحينما جرب فوق مساحات أطول وجد أن التيارات أصبحت ضعيفة بحيث لا تؤثر في جهاز الاستقبال، لذلك ابتكر مورس جهازًا سماه المجدد، وهو جهاز تتلقى به التيارات القادمة دفعًا إضافيًا وينتج عن هذا إرسالها إشارات قوية إلى كبل ثان. ويقوم مبدأ مجدد مورس على حركة ملف من سلك حاملاً تيارًا وهو بالقرب من مغنطيس، وبذلك يرجع في أصله إلى الدورات الكهرومغنطيسية التي اكتشفها فاراداي لأول مرة. وتحدث تحركات الملف في المجدد اتصالات كهربية مستمدة بذلك تيارًا من بطارية موضعية مماثلة تمامًا للتيارات الضعيفة القادمة. وبهذه الطريقة يمكن إرسال الإشارات عبر مساحات شاسعة بواسطة سلسلة من المجددات.

وحينما نجح الإبراق البري بهذه الطريقة كان من الطبيعي أن يرغب المهندسون في وضع كابلات تحت البحر. وكانت هناك بالفعل خطوط قصيرة عاملة بين إنجلترا وفرنسا وهولندا وأيرلندة في السنين الوسطى للقرن التاسع عشر.

ومع ذلك فإن المشكلة الأعظم بكثير ألا وهي مشكلة ربط أوروبا بأمريكا برزت عنها مشاكل خاصة بعيدة كل البعد عن عملية وضع كابلات طويلة واتخاذ احتياطات ضد التآكل الذي يتسبب فيه ماء البحر والخطر الناشئ عن تسرب التيار بسبب العزل الرديء.

وقد أدت أبحاث وليم طومسون (١٨٤٢- ١٩٠٧) – الذي صار "اللورد كلفن" فيما بعد – في الحالات الكهربية لكابل مكسو بمادة عازلة إلى حل عملي لهذه الصعوبات. وفي النهاية تم بنجاح وضع كابل المحيط الأطلنطي، وتم ربط أحد نصفي العالم بالآخر.

وكان الإبراق المحيطي يحتاج إلى نوع من أجهزة تحويل الموجات التيارية إلى موجات صوتية، وأجهزة تسجيل أكثر دقة. وهنا أيضًا هرع اللورد كلفن إلى مساعدة المهندسين بابتكار جهاز سماه جهاز التسجيل السيفوني الذي يقوم على مبدأ تحرك ملف حامل تيارًا ضئيلاً في مجال مغنطي قوي. وعندما تقدم الإبراق والإرسال التليفوني أصبح من المحتم استعمال كابلات أكثر فاعلية محمية بسلك صلب مغلف بقنب. وعلاوة على ذلك أصبح من الضروري استعمال مكبرات، وهي أجهزة لزيادة التيارات في سيرها خلال الخط. ومثل هذه المكبرات التي تستعمل غالبًا في الدوائر الكهربية التليفونية تسمى المرددات، وتتكون من صمامات ثرمونية ذات تصميم خاص([١]).

٧- مراحل اللاسلكي الأولى

كان الإبراق البري والمحيطي نتيجة لمبادئ اكتشفت في المعمل وطبقت على الحاجات العملية، ومن جهة أخرى بدأ الإبراق اللاسلكي نظريًا دون أن يخرج إلى الحيز العملي في وقت لم يحلم فيه بشر حتى في أشد لحظاته تحليقًا في الخيال بإرسال إشارات دون الاستعانة بأسلاك. وترجع أسس الإبراق اللاسلكي في الحقيقة إلى ما قام به فاراداي من أعمال.

([١]) الثرميون دقيقة مشحونة بالكهرباء. والثرميونات إما سلبية أو إيجابية. (المترجم)

وكان فاراداي يحاول دائمًا تخيل ما يحدث حينما يدور سلك حاملاً تيارًا حول مغنطيس، أو حينما يحرك تيار مغنطيسيًا. لقد تصور المنطقة التي تجاور مغنطيسًا أو تيارًا – منطقة نشير إليها اختصارًا بالمجال المغنطيسي – ممتلئة بخطوط قوة. وبافتراضه أن لخطوط القوة هذه ميل للقصر مثل قطع المطاط الممتدة ومقاومة بعضها بعضًا، استطاع فاراداي أن يقدم لنا تفسيرًا لاكتشاف أورستيد الجوهري ألا وهو الكهرومغنطيسية وللنتائج التي وصل إليها في الحث التياري، وأيضًا لما وصل إليه أمبير في التأثير المتبادل لتيارين، وشرح هذه النتائج كلها مرجعًا إياها لا إلى المغنطيسيات والأسلاك بل إلى المنطقة، أو الوسط المحيط بها.

وقد ترك فاراداي في كتابه الأبحاث التجريبية سردًا كاملاً للطريقة التي كان يعمل بها وللطريقة التي كان يتبعها في استقراء نتائجه. وكانت كتاباته هي التي أوحت لكلارك ماكسويل (١٨٣١– ١٨٧٩) بما بذله من مجهودات، ذلك الرجل الذي صاغ أفكار فاراداي في تعبيرات رياضية.

لقد وجد فاراداي أنه حينما تكتمل دائرة كهربية فإن التيار لا يصل فورًا إلى منتهى قوته، وأنه حينما ينقطع فإنه لا يتوقف فجأة. وبمعنى آخر فإن التيار مثله في ذلك كمثل أي جسم مادي يتطلب دفعًا شديدًا لجعله يتحرك، ولكن بمجرد سريانه فليس في الإمكان توقفه فورًا. وقد فسر ماكسويل هذه النتائج بقوله أن طاقة التيار تستنفذ جزئيًا في إيجاد المجال المغنطيسي، وأن الطاقة المتغيرة لهذا المجال تحدث التيار البسيط الذي يستمر عند انقطاع الدائرة. حينئذٍ وضع ماكسويل هذه الأفكار في صيغة رياضية معالجًا خواص المجال الكهرومغنطيسي طبقًا للمبادئ العادية للديناميكا.

وبهذه الطريقة استنتج نظريًا تأثير التذبذبات في شدة التيار، والتغييرات الناتجة في شدة المجال المغنطيسي. وقد أوجد أن التغييرات في الشدة التي تتلو بعضها بعضًا في فترات محددة، أو التغييرات الدورية كما تسمى، تنساب على بعد كبير وراء المنطقة التي بدأت التغييرات فيها. وقد وجد بالفعل أن الاضطراب الكهربي الدوري الذي ينشئ بدوره اضطرابًا مغنطيًا دوريًا يسير بسرعة الضوء. وبما أن النظرية الموجية للضوء كانت تتطلب وسطًا من نوع ما يمكن إرسال الموجات بواسطته، فقد بدا من المعقول أن يفترض أن نفس الوسط يستخدم لكل من موجات الضوء والموجات الكهرومغنطيسية. والحقيقة أن الضوء ذاته كهرومغنطيسي في صفته.

وكان كل شيء حتى ذلك الوقت نظريًا، ومع ذلك فبعد موت ماكسويل بعشر سنوات ولدت الموجات الكهرومغنطيسية فعلاً في المعمل، وقدرت سرعتها، ووجد أن تنبؤات نظرية ماكسويل تتفق مع نتائج التجربة، وهذا من أعظم الانتصارات المبينة للرياضيات التي شهدها العالم.

ويرجع الفضل في أول إثبات ناجح لموجات ماكسويل إلى عالم فيزياء ألماني يدعى هينريخ هيرتز (١٨٥٧– ٩٤). لقد نجح هيرتز سنة ١٨٨٨ بعد محاولات عدة في أول الأمر في الكشف عن الإشعاع الكهرومغنطيسي المنبعث عن ملف تأثيري ينبعث الشرر منه. استعمل صفائح معدنية ملتصقة بقضبان في نهاياتها كرتان معدنيتان. وحينما كان الملف التأثيري يعمل باختلاف كاف في الجهد، أخذ الشرر يتناثر بين الكرات المعدنية، وحدث تفريغ تذبذبي بين الصفائح. وللكشف عن التموجات الكهرومغنطيسية التي نشأت هكذا استعمل هيرتز موصلاً دائريًا مزودًا بفرجة شرر. وقبل نهاية القرن كانت مثل تلك الإرسالات الشررية مستعملة بالفعل في نظام إرسال

الإشارات. وقد أدت أبحاث أخرى عن الأجهزة الكاشفة وعلى الأخص أبحاث السير أوليفر لودج (١٨٥١– ١٩٤٠) إلى تطور الإشارات اللاسلكية بين السفن في البحر.

وسرعان ما انتشر الاهتمام بهذا فيما وراء صفوف رجال العلم الأخصائيين. وكان هناك مهندس بعيد النظر يدعى مارشيز ماركوني (١٨٧٤– ١٩٤٥) هو الذي أرسل أول إشارات لاسلكية عبر القنال الإنجليزي. وكان المعتقد في ذلك الوقت أن الموجات الكهرومغنطيسية، التي تسير، كما تفعل عادة، في خطوط مستقيمة، ستنساب إلى الفضاء، وأنه بالنسبة لانحناء سطح الأرض فإن إرسال الإشارات البعيدة المدى كان أمرًا مستحيلاً. وحاول ماركوني إرسال الإشارات عبر الأطلنطي ونجح، ولذلك بدا أن موجات اللاسلكي لا بد أنها تنعكس مرتدة إلى الأرض بكيفية ما. ولكن ما الذي كان في استطاعته جعلها تنعكس؟ لقد بقي هذا السؤال دون جواب حتى العقد الثالث من القرن العشرين، حينما عالج سير إدوارد أبلتون المشكلة. وقد أظهرت نتائجه وجود طبقات من الأيونات في طبقات الجو العليا تعمل كمرآة للموجات اللاسلكية، وبذلك تجعل إرسال الإشارات حول الأرض ممكنًا. وتكون هذه الطبقات ما نعرفه اليوم باسم الأيونوسفير.

واعتمدت أبحاث سير إدوارد أبلتون اعتمادًا كبيرًا على استعمال الصمام الثرميوني، وكان أول وأبسط نوع من هذا الصمام هو الصمام الذي اخترعه السير ج أمبروز فليمنج (١٨٤٩– ١٩٤٥). وقد سجل فليمنج عام ١٩٠٤ جهازًا يشبه مصباح النور الكهربي بداخله شريحة معدنية وفتيلة متوهجة كذلك. ويحول مثل هذا الجهاز الذي أصبح يعرف بصمام التقنية سلسلة من التناوبات التيارية إلى سلسلة من التيارات أحادية الاتجاه يمكن

الكشف بسهولة عنها. ولذلك كان جهاز التنقية جهازًا لتحويل المتناوب إلى تيار مستمر. وأدت تطورات أخرى إلى صمام للتنقية من النوع المستعمل في كثير من أجهزة الاستقبال والموصوف بإيجاز في الفصل الثالث عشر.

وقد أصبحت الآن إذاعة الأخبار والموسيقى ورقص الباليه والمباريات على شاشة التليفزيون مباهج الحياة التي تسر الجميع، وتتعاون الصناعة والأبحاث الجوهرية سويًا في مجال الإلكترونات. وأصبحت حيازة الأجهزة الكهربية الموفرة للجهد إحدى الطرق لمسايرة ركب المدنية. ومع ذلك فربما نكون فحسب في بدء عصر الكهرباء. وإذا سأل إنسان: ما هي الكهرباء؟ فليس هناك إجابة شافية لسؤاله. لقد كانت الكهرباء توصف في القرن الثامن عشر بأنها سائل، وأحيانًا بأنها سائلين. وفي القرن التاسع عشر درس الناس القوى الموجودة في المنطقة أو المجال المحيط بالتيار. وفي السنين الأخيرة من القرن العشرين غيرت الاكتشافات الحديثة كل طرق تفكير الناس، إذ كما سنرى في فصل قادم يفكر رجال العلم الآن في العناصر الكيماوية على أنها مكونة من وحدات كهربية بسيطة. ولذلك فهم يفسرون المادة بمعايير كهربية على الرغم من أن الأمر كان العكس يومًا ما. ولذلك صارت الكهرباء هي الملاذ الأخير للوصف العلمي. ولا يمكننا أن نوضحها في الوقت الحاضر بما هو أبسط من هذا.

الفصل العاشر

الطاقة والقوة

١- قانون الطاقة

إن شركة صناعية جريئة كانت قد وضعت في ذهنها الطريقة التي يستعمل بها الناس غير الأمناء الأيونات الكهربية في غرف الفنادق، فسجلت عداد عملة كهربي اخترعته. إن كل شاغل حجرة يدفع الثمن بوضع عملة في ثقب العداد، وهو يدفع هذا الثمن نظير ما تقوم به الكهرباء من خدمات، وبمعنى آخر يدفع ثمن الطاقة الكهربية في الوقت الذي يستعمل فيه هذه الطاقة. ما الذي نعنيه بهذا التعبير؟.

إن الطاقة تتضمن عملاً يؤدى؛ فالتيار الكهربي، والشلال، والقاطرة، والسيارة التي تنهب الأرض، تؤدي كلها عملاً. ومقدار العمل الذي تستطيع هذه الأشياء أن تقوم به يدل على طاقاتها. ونقول أن عملاً يؤدى حينما يتحرك جسم تحت تأثير قوة. ويقيس المهندسون العمل بالوحدات البوندية([1]). ولذلك فإذا رفع جسم زنته عشرة أرطال قدمين في الهواء، فإن العمل المؤدى = ١٠x ٢ ثقل بوند. وتقاس قوة الآلة بمعدل ما تقوم به من عمل. ووحدة القوة التي يستعملها المهندسون هي الوحدة التي اتخذها وات في تقدير قوة

([1]) الثقل البوندي، والبوند هو الرطل. (المترجم)

آلاته البخارية. إنها تسمى قوة حصان([1]) وهي تقدر بـ ٥٥٠ ثقل بوند في الثانية.

وقد أدركت فكرة الطاقة بطريقة غامضة في عصر جاليليو، ولكن رجال العلم لم يكونوا حتى القرن التاسع عشر ينظرون إلى الطاقة كشيء يمكن قياسه بالوحدات بالضبط كما نقيس الأشرطة بالياردات. وأخذت فكرة الطاقة من ذلك الوقت فصاعدًا تعلب دورًا مهمًا جدًا في تقدم الفيزياء.

ويمكن للأجسام المتحركة أن تؤدي عملاً، ويقال في هذه الحالة أن الطاقة حركية، ولكن العمل يمكن أن يؤدى أيضًا بواسطة هواء مضغوط عندما يتعدد، أو بزنبرك ملوي عندما يفك، أو بماء في مستوى أكثر ارتفاعًا من البيئة المحيطة به سمح له بالاندفاع إلى مستوى أكثر انخفاضًا. ويقال في هذه الحالات أن الطاقة هي طاقة الجهد. ونجد باستمرار أن الطاقة الحركية تتحول إلى طاقة جهد والعكس بالعكس. فمثلاً في سكك حديد الجبال والمرتفعات التي أشرنا إليها في الفصل الثالث تبدأ العربة بالتحرك أسفل منحدر، ولذلك فهي تكتسب طاقة حركية كافية لترفعها فوق أول نتوء يصادفها، نتوء لا يبلغ ارتفاعه ارتفاع النقطة التي بدأت منها. وتكون بهذا قد اكتسبت مرة ثانية طاقة جهد تجعلها تنحدر على المنحدر الثاني، وهكذا دواليك. ولكن في النهاية لا تبلغ العربة ارتفاعًا يساوي الارتفاع الذي بدأت منه. ولذلك يبدو أن بعضًا من الطاقة قد اختفى. وقد أدى البحث عن هذه الطاقة المفقودة إلى تقدم عظيم في التفكير العلمي.

([1]) تكفي لرفع ٣٣٠٠٠ رطل في الهواء قدمًا واحدًا في الدقيقة (المترجم)

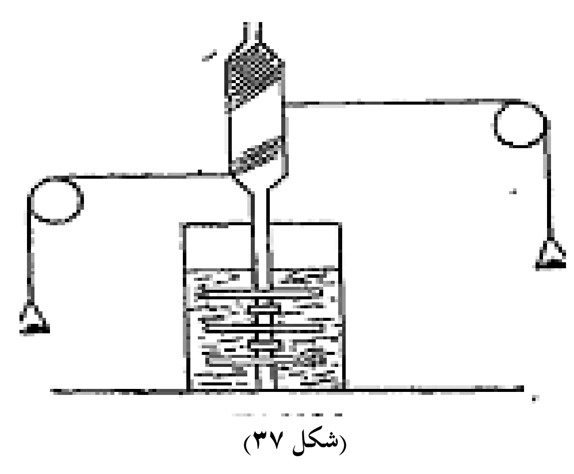
وأول مفتاح لهذه المشكلة كان في الإحاطة بأن الطاقة تنشئ حركة، وهذا معروف لكل إنسان؛ فنحن جميعًا ندلك أيدينا سويًا عندما نحس ببرد، ويعرف المتوحشون كما يعرف الكشافة كيف يقدحون النار بالزناد. ويعلم أولئك الذين يمتطون الدراجات أن ماسورة المنفاخ تسخن حينما يقومون بنفخ إطارات دراجاتهم. ويعرف أولئك الذين يسلون أنفسهم بإصابة الأهداف ببنادقهم أن مقذوفاتهم الرصاصية اللينة تصيب الهدف برشاش.

وقد أدركت الصلة الوثيقة بين الحرارة والطاقة في وقت يرجع إلى أيام فرانسيس بيكون وبويل اللذين اعتبرا الحرارة نفسها لا شيء سوى "إثارة نشطة لدقائق الجسم"، ولو تمسك الناس فقط بهذه الفكرة لكانوا قد حلوا مشكلة الحرارة والطاقة سريعًا. ولكنهم ساروا أثناء القرن الثامن عشر في طريق جانبي، واعتقدوا أن الحرارة إنما هي سيال يدعى "السيّال الحراري"، يتسبب عن اتحاده بالأجسام رفع درجة حرارتها. وأدى اعتقاد الناس في السيّال الحراري إلى تمييز واضح بين الحرارة ودرجة الحرارة[1]. وكان أحسن وسيلة ميسورة حينئذ لتعليل الحرارة ككمية. وبهذه الطريقة اهتدى بلاك لمقاييس الحرارة الكامنة، تلك المقاييس التي كانت ذات أهمية كبرى في الأيام الأولى للآلة البخارية. وعلى ذلك فعلى الرغم من أن نظرية السيّال الحراري تبدو لنا اليوم غريبة، إلا أنها أدت غرضًا نافعًا. ولكنها كبقية الفروض الأخرى كان لا بد من نبذها حينما فشلت في أن تتسع لنتائج المزيد من الخبرة. وعلى ذلك فإن الحقائق التي تكشفت في أوائل القرن التاسع عشر أجبرت رجال العلم أن ينبذوا فكرة السيّال الحراري كلية. وقد ثبت حينئذ أنه في الإمكان توليد كمية

---

(1) درجة الحرارة هي درجة السخونة المقدرة طبقًا لمقاييس موضوعة. وقد اقترح نيوتن مقياسًا مكونًا من اثني عشر درجة، كانت نقطتاه الثابتتان هما نقطة تجمد الماء ودرجة حرارة الجسم البشري. وشاع في النصف الأول من القرن الثامن عشر استعمال المقاييس الفهرنهيتية والمئوية المألوفة لنا.

غير محدودة من الحرارة بمجرد دلك شيئين سويًا فترة كافية([1])، ولكن ليس في الإمكان إنتاج شيء مادي بمجرد الدلك، ونتيجة لذلك فإن رجال العلم رجعوا إلى فكرة أن الحرارة ما هي إلا نوع من أنواع الحركة، أو إثارة دقائق جسم.



(شكل ٣٧)

توضيح إحدى الطرق التي استعملها جول في تقدير المكافئ الميكانيكي للحرارة

ولكن الأفكار العامة لا ترضي رجل العلم، إنه يريد دائمًا أن يقدر وأن يجد العلاقات العددية بين ما يقدره. وعلى ذلك لم يمض وقت طويل حتى أجريت تجارب مضبوطة للتعبير بواسطة الأعداد عن العلاقة بين الحرارة والشغل المؤدي لإحداث هذه الحرارة. وقد قام جيمس بريسكوت جول (١٨١٨– ٨٩) أحد أهالي منشستر الذي كان في وقت ما تلميذًا لدالتون بأبحاثه الشهيرة. وكانت أشهر تجارب جول التي أجراها هي خض الماء بشدة بواسطة نوع من أنواع البدالات. وبملاحظته ارتفاعًا في درجة حرارة وزن معين من الماء اكتشف الحرارة المتولدة. وبتحريك البدال بواسطة أثقال مدلاة

([1]) في سنة ١٧٩٨ قدمت رسالة للجمعية الملكية عنوانها: بحث في مصدر الحرارة المتسببة من الاحتكاك. وقد وصفت هذه الرسالة كيف أنه بحك مثقاب كليل على أسطوانة معدنية دائرة يمكن رفع كية من الماء إلى درجة الغليان في ساعتين.

(شكل ٣٧) قدر العمل المؤدى بالوحدات البوندية. ونتيجة لمحاولات عديدة استغرقت سنين عديدة وجد جول نسبة ثابتة بين العمل المؤدى والحرارة الناتجة. وهذا المقدار لثابت هو ما نعرفه الآن باسم المكافئ الميكانيكي للحرارة، ونتيجة لذلك بين أن الحرارة والحركة في جوهرهما شيء واحد.

وفتحت النتائج التي وصل إليها جول الطريق لإثبات أحد المبادئ الأساسية في الفيزياء، ألا وهو بقاء الطاقة، الذي ينص على أن الطاقة لا تستحدث ولا تفنى. وقد كان مكافئ طاقة الحركة والجهد معروفًا من وقت طويل، ولكن جول توسع في لفظ الطاقة حتى شمل الحرارة. ولذلك أخذ الناس يفكرون في الطاقة على أنها تتغير من صورة لأخرى، ولكنها لا تفقد أبدًا. وعلى ذلك اعتبر الاختفاء الظاهري للطاقة عند سقوط حجر إلى الأرض كتغيير من حركة الحجر ككل إلى حركة جسيماته الدقيقة أو بمعنى آخر إلى حرارة.

وخطت نواحي التقدم منذ أيام جول في كل فرع من فروع علم الفيزياء خطوات هائلة، فقد اتسعت معلوماتنا عن تغيرات الطاقة عن طريق الجهود المشتركة التي بذلها كثير من الباحثين. وبهذه الطريقة تجمعت معلومات من مصادر كثيرة وضعت بعضها إلى بعض. وعلى ذلك فإنه يفكر الآن في كل أنواع الإشعاع بما في ذلك الضوء المرئي، والأشعة السينية، والتموجات اللاسلكية على أنها أنواع للطاقة، وتقاس طاقاتها بوسائل مناسبة. كما يفكر في الحرارة الناتجة عن تيار كهربي كما في المصباح الكهربي العادي أو السخان على أنها حرارة تولدت عن احتكاك الإلكترونات المارة خلال السلك. وتعتبر الحرارة الناتجة أثناء تغير كيميائي كمقياس للفرق بين حالات

الطاقة قبل وبعد التغيير. وحتى تغيرات طاقة الحيوان الحي أخضعت للقياس الدقيق أيضًا. وقد أوضحت تجربة الانشطار الحديث للذرة أن الذرة نفسها ما هي إلا مستودع طاقة حقيقي، وعلى ذلك كانت فكرة الطاقة ذات قيمة لا تقدر في وحدة التفكير العلمي.

٢- بعض تطبيقات مبدأ الطاقة

لم يربط مبدأ الطاقة المعلومات المستفادة من ميادين كثيرة بعضها ببعض فحسب، بل أمد الناس أيضًا بمبدأ هاد أدى بهم إلى حل مشاكل جديدة. وعلى ذلك فببحث الطاقة الحركية لجزيئات الغاز، وباعتبار ضغط الغاز كعملية راجعة إلى قذف جوانب الإناء بالجزيئات المتحركة بسرعة تمكن الكيميائيون من معالجة بعض مشاكل الغاز من وجهة النظر الديناميكية. وأصبح من السهل علاج مشاكل مثل العلاقة بين الضغط وحجم الغاز عندما تظل درجة الحرارة ثابتة، وكذلك العلاقة بين درجة الحرارة والحجم حينما يظل الضغط ثابتًا، طبقًا للمبادئ الديناميكية. وتنتمي هذه الاعتبارات إلى ما نسميه بنظرية الحركة للغازات. وقد وجد أن قانون بويل، وقانون شارل([1])، وفرض أفوجادرو نشأت كنتيجة طبيعية لهذه النظرية.

ولكننا حينما نتتبع مبدأ مثل مبدأ طاقة حركة جزئيات الغاز، ونصل إلى نتائج تتفق اتفاقًا تامًا مع النتائج المستقاة من تجارب أجريت في مجالات شديدة التباين، نشعر أننا نسير على أرض صلبة. وأن ثقتنا في المبادئ التي استنتجنا منها نتائجنا قد تدعمت بدرجة كبيرة.

([1]) القانون الذي يحدد العلاقة بين حجم الغاز ودرجة الحرارة حينما يكون الضغط ثابتًا وهو قانون يلم به كل طالب ناشء من دارسي الفيزياء أو الكيمياء.

وحينما نطبق القواعد العادية للديناميكا على سلوك الجزئيات الغازية، فإننا لا نخص بذلك جزئيات أي غاز معين. إننا نفكر في غاز مثالي أو غاز كامل جزيئاته مثل الكريات الصغيرة تنطلق في جميع الاتجاهات وتتحرك مستقلة استقلالاً كاملاً عن بعضها البعض. ونفكر علاوة على ذلك في الجزئيات كأنها صغيرة جدًا بدرجة أنا لا تشغل حيزًا ذا قيمة في الإناء الذي يحتويها، ونستنتج من هذه الفروض قوانين بويل وشارل.

وتنطبق هذه القوانين انطباقًا تامًا على غازات كالأكسجين، والنتروجين، والأيدروجين وهي في درجات حرارة وضغوط واسعة الآماد. وتنطبق من جهة أخرى على غازات مثل غاز ثاني أكسيد الكربون والكلور في درجات حرارة وضغوط محدودة الآماد. ولا بد أن نستنتج من هذا أن غازات مثل الأكسجين تقترب من صفات الغاز الكامل، بينما الغازات الأخرى ليست كذلك. والغازات التي تنطبق عليها هذه القوانين انطباقًا كبيرًا هي الغازات التي من الصعب تحويلها إلى سوائل. أما تلك التي تحيد بدرجة واضحة عن هذه القوانين فهي التي يمكن تحويلها بسهولة إلى سوائل. وقد أظهرت التجارب التي أجراها صيدلي أيرلندي يدعى توماس أندروز (١٨١٣– ٨٥) أن الغازات لا يمكن تحويلها إلى سوائل حتى بواسطة ضغط كبير إذا كانت درجة الحرارة فوق قدر معين. ويختلف هذا القدر باختلاف الغازات، وقد صارت هذه تعرف باسم درجة الحرارة الحرجة أو الإحرار الحرج.

وتعطينا نظرية الحركة تفسيرًا معقولاً لدرجة الحرارة الحرجة هذه، ونحن نعتبر الحرارة كحركة جزئية، ونعتقد أنه حينما ترتفع درجة الضغط الخارجي ينقص الحيز الذي يشغله الغاز، فإن الجزيئات يدفع بعضها بدرجة أكثر، وقد تنضم لبعضها مكونة مجموعتا، وبذلك تنتقل إلى الحالة السائلة. ولكن في

إمكاننا أيضًا أن نتصور أن الجزيئات تتحرك بسرعة تجعلها غير قادرة على الاتحاد بعضها مع بعض مهما كان الحيز الذي تتحرك فيه. وأقل سرعة تنطبق عليها هذه الحالة تطابق درجة الحرارة الحرجة.

وقد وجه الباحثون عنايتهم بعد إلمامهم بدرجة الحرارة الحرجة هذه لتوليد درجات حرارة منخفضة بدلاً من ضغوط هائلة، وابتكرت أجهزة مناسبة لهذا الغرض، وفي العقود الأخيرة من القرن التاسع عشر أمكن تحويل الأوكسجين والنيتروجين إلى الحالة السائلة.

وتقوم إحدى الطرق المهمة لتحويل الغازات إلى سوائل على نفس الحقيقة التي تتلخص في أن الغازات لا تتوفر فيها جميع الشروط التي نفترضها في الغاز الكامل، وعلى ذلك فإن الجزيئات الغازية في كل حالة تقريبًا تجذب بعضها بعضًا حتى حينما تتحرك بسرعة عالية. وإذا جذبت الجزيئات بعضها بعضًا مع جعل الغاز يتمدد، فإن الجهد الذي ينفق في التغلب على جذب هذه الجزيئات بعضها بعضًا يظهر بجلاء في تخفيض بسيط لدرجة حرارة الغاز ككل. وقد اكتشف هذا التأثير التبريدي جول بالتعاون مع اللورد كلفن. وعلى ذلك فإن التبريد الذي يحدث بهذه الطريقة حينما ينفذ غاز خلال فتحة صغيرة أثناء خروجه استخدم في كثير من الطرق الحديثة لتحويل الغازات إلى سوائل على نطاق واسع. ولقد أمكن تحويل جميع الغازات المعروفة في الوقت الحاضر إلى سوائل.

وطبقت مثل هذه الطرق في الصناعة، وقد تم تحضير الأوكسجين في الوقت الحالي بكميات وافرة عن طريق تبخير الهواء السائل. ويستعمل الأوكسجين الناتج بهذه الطريقة في اللحام الأسيتيليني الأوكسجيني، وفي عمليات كثيرة في الصناعة الكيماوية. ويتم توليد درجات الحرارة المنخفضة

التي تتطلبها كثير من العمليات الفنية بواسطة تبخير غاز سائل. وعلاوة على ذلك فإن الطريقة التي أدت إلى التوليد الناجح لدرجات حرارة منخفضة ثبتت جدواها في أبحاث علمية معينة. وفي الحقيقة، كما أن الطرق الفنية تقوم على مجرد البحث، فكذلك يتوقف التقدم العلمي بدرجة كبيرة على تقدم الطرق الفنية.

٣- تحول الحرارة إلى شغل

لقد تحدثنا حتى الآن عن تحويل الشغل إلى حرارة. ولكن العملية العكسية ممكنة أيضًا بشروط معينة. إن دراسة تحويل الشغل إلى حرارة والعكس بالعكس وهو الموضوع الذي تعالجه الديناميكا الحرارية قد ثبت أنه ذو أهمية هائلة في الدراسات النظرية وكذلك في أمور الهندسة العملية.

ويتطلب تحويل الحرارة إلى شغل وجود مادة مثل البخار الذي يستطيع بتمدده دفع مكبس، وبهذه الطريقة يؤدي شغلاً. وتحتاج أيضًا إلى درجتي حرارة مختلفتين؛ فمثلاً نجد أن الغلاية والمكثف في الآلة البخارية لهما درجتا حرارة مختلفتان. وحين يتمدد البخار فإنه يعمل، وفي نفس الوقت تنخفض درجة حرارته.

وترجع الدراسة النظرية للآلات الحرارية إلى الجهود التي بذلها باحثون عديدون في القرن التاسع عشر، ولذلك فإن النظرية أتت بعد استعمال الآلات الحرارية في حياتنا اليومية بوقت طويل. وتؤدي بنا نظرية الآلات الحرارة إلى النتيجة التي تتلخص في عدم إمكان جعل جسم أكثر سخونة بجعل جسم بارد أكثر برودة إلا إذا قمنا بعمل. وعلى ذلك فلا يمكننا أخذ حرارة البحر وجعلها تقوم بعمل ما على الرغم من أن الطاقة الجزئية الكلية للبحر عظيمة

جدًا. والحقيقة أنه من الممكن فقط إحداث تحويل الحرارة إلى شغل عندما يكون هناك تباين في درجة الحرارة. وحتى في هذه الحالة فإن ما يتحول إلى شغل هو جزء من الحرارة فحسب، وهذه إحدى القيود التي علينا أن نستسلم لها.

٤- تحولات الطاقة

اعتاد الناس قبل تقرير مبدأ الطاقة إضاعة وقتهم سدى محاولين صناعة آلات لإدارة العجلات أو لطحن الغلال تستمر في الحركة إلى الأبد بمجرد أن تبدأ فيها، ونحن نعتبر الآن مثل تلك الآلات الدائمة الحركة أمرًا من نسج الخيال، وعكس كل ما استقيناه من خبرات. وقد شغل ابتكار مثل تلك الآلات بال كثير من الرؤوس المفكرة، ولا يتحدث الآن عنها سوى الجهلة والمرتابين. ويعلم المهندس اليوم أنه لا يستطيع إيجاد الطاقة، إنه يستطيع فقط تغيير نوع منها بآخر أكثر نفعًا له.

والمصدر الطبيعي الرئيسي للطاقة في إنجلترا هو الفحم ويتضح تحويل طاقته اتضاحًا تامًا في النار المنزلية. إن اشتعال النار في موقد المطبخ يولد مركبات غازية تتناثر جزيئاتها بشدة وتأخذ في الدوران مصطدمة بعضها ببعض. وتوجد هذه الاصطدامات حركة سريعة في جزيئات حديد الجزء الأعلى من الموقد. وعلى ذلك فإن جزيئات الطاسات وما بها من محتويات توضع في حركة استثارة سريعة، وبذلك يُطهى الغذاء. ولذلك فإن بعضًا من طاقة الفحم المشتعل تؤدي غرضًا نافعًا. ومع ذلك فإن كثيرًا من هذه الطاقة يستعمل في تسخين المدخنة، وفي إرسال الإشعاعات التي تدفئ المطبخ، وبذلك يُكسى وجه الطاهي بحمرة وردية، وتضيق من خلقه. وعلاوة على ذلك يبقى الكثير

من الطاقة غير مستعمل على صورة سخام يترك في المدخنة، ودخان يلوث الهواء في الخارج. ويكون السُخام والدخان فقط قدرًا كبيرًا من الطاقة التي كان من الممكن استخدامها في غرض نافع، ولكنهما يشكلان علاوة على ذلك خطرًا على الصحة([1]).

وتحولات الطاقة كثيرة العدد في الصناعة؛ فمثلاً تولد الطاقة الكيماوية للوقود الفحمي أو البترولي البخار في القاطرة أو في الآلة البخارية الثابتة، وحينما يتمدد البخار يؤدي عملاً ويصبح بذلك أقل حرارة، وبذلك تتحول بعض الحرارة إلى شغل. وكذلك في التوربين البخاري الذي هو عبارة عن عجلة ضخمة من الصلب تدار بواسطة البخار كما تدار طاحونة الهواء بواسطة الريح، يتولد البخار في نفثات ذات ضغط عال تصطدم بالريش المقوسة للتوربين. ويحدث شغل ويدور التوربين بواسطة طاقة البخار الحركية. وتستعمل التوربينات اليوم في المحركات المروحية في مصانع صهر الحديد، وكذلك لإنتاج القوة الكهربية التي يولدها التوربين في تحريك القطارات، وإنارة المدن، وإدارة آلات مصانع الغزل والمصانع الأخرى. ولذلك فهناك تحول من الطاقة الكيماوية إلى الميكانيكية ثم إلى الكهربية ثم إلى الطاقة الميكانيكية مرة أخرى.

والمصادر الطبيعية الكبرى للطاقة في كثير من بلاد العالم، وعلى الأخص: السويد وسويسرا وأمريكا الشمالية هي الشلالات القوية. وبدلاً من أن ندع الشلالات الكبرى تجري هباء يمكن أن نجعل بعضًا من الماء يسقط

([1]) مما لا شك فيه أن أطفالنا لن يبذروا في استعمال الفحم هكذا، ولكنهم سيدفئون منازلهم ويطهون أطعمتهم بالكهرباء التي يستمدوها من محطات كبيرة مركزية تستعمل فيها الطاقة الذرية بأقصى مدى لها. إنهم بالتأكيد سينظرون إلى العقود الأولى من القرن العشرين كما لو كانت تنتمي إلى العصور المظلمة.

من أعلى مستوى ممكن إلى آخر أكثر انخفاضًا بكثير. وهناك يدير توربينًا مائيًا عبارة عن نسخة حديثة من الصلب للساقية الألمانية القديمة. وبهذه الطريقة يمكن جعل جزء من الطاقة يؤدي شغلاً يجعل العجلة تدور، وكذلك تتحول طاقة جهد الماء عند مستوى عال إلى طاقة حركية مفيدة.

٥- آلة الاحتراق الداخلي

تستخدم الآلة البخارية والتوربين البخاري والتوربين المائي كوسيلة ممتازة لتحويل الطاقة إلى أغراض كبيرة، ومع ذلك ففي خلال الجيل الأخير توصل الإنسان إلى إتقان مصدر جديد من مصادر القوة الدافعة، ألا هو آلة الاحتراق الداخلي.

ويتم التسخين في الآلة البخارية في الخارج في فرن، أما في آلة الاحتراق الداخلي فيتم الاحتراق في الداخل كما يدل على ذلك الاسم، ويتحرك المكبس في الآلة البخارية بواسطة تمدد البخار، أما في آلة الاحتراق الداخلي فيتحرك المكبس بواسطة سلسلة متتالية من انفجارات مزيج من الهواء ومن غاز مشتق من البترول.

وتوجد في كثير من أنحاء العالم وخاصة في الولايات المتحدة، والمكسيك وروديسيا مواد مكونة من مخاليط من الأيدروكربونات السائلة بكميات هائلة، وتكون هذه البترول الخام. وعند تقطير زيت البترول نجد أن أول ما يتقطر منه هي الأيدروكربونات التي لها أقل نقطة غليان. وهذه هي الزيوت الخفيفة التي تعرف في إنجلترا باسم البترول، وفي الولايات المتحدة باسم الجازولين. وتدعى الأيدروكربونات المتبقية باسم الزيوت الثقيلة وتستعمل كل الزيوت الخفيفة والثقيلة في آلة الاحتراق الداخلي. ويمكن

تقسيم مثل تلك الآلات إلى نوعين رئيسين: النوع ذو الخلاط([1]) ويشتمل على آلات الغاز والبترول، والنوع ذو المحقن ويشتمل على الآلات التي تستخدم الزيت الثقيل.

ويستعمل النوع ذو الخلاط في الموتوسيكلات والسيارات، إذ يتكون من هواء من الجو مع رشاش من البترول مخلوط مفرقع يدخل إلى الأسطوانة ويشتعل بواسطة شرارة من المغناط أو ملف الإشعال. ويرجع الفضل الأكبر في ابتكار آلة ذات أثر فعال من هذا النوع إلى المهندس الألماني دايملر (١٨٣٤– ١٩٠٠). وظهر أول موتوسيكل ماركة دايملر عام ١٨٨٤، وأول سيارة في السنة التالية. وكانت السيارات الأولى تصمم بحيث تشبه العربات، وكانت تخبأ مكنات هذه السيارات تحت مقعد السائق. وحينما أدخلت سيارة دايملر لأول مرة إنجلترا كان ما زال هناك قانون سار في بريطانيا العظمى بأن على العربات غير ذات الجياد التي تسير في الطرق أن يتقدمها رجل يحمل علمًا أحمر بالنهار، ومصباحًا بالليل. ولم يعدل هذا التشريع الذي سن في القرن التاسع عشر حتى عام ١٨٩٦. وقبل أن يحل هذا القوت كانت أفكار الناس فيما يتعلق بالسلامة العامة تتسم بقدر أكبر من الشجاعة. وحينئذ أخذت التجارب فيما يختص بالسيارات وإنشاء الآلات تجرى على قدم وساق. كما أن الأبحاث التي تلت ذلك بخصوص إنشاء الآلات، وبخصوص أنواع الوقود، والسبائك المعدنية التي تستعمل في صناعة الماكينات، ومطاط الإطارات فقد أمدتنا بالسيارات التي نستعملها اليوم.

أما النوع ذو المحقن لآلة الاحتراق الداخلي فيرجع الفضل فيه إلى جهود المهندس الألماني رودلف ديزل (١٨٥٨– ١٩١٣)، وإلى المخترع

([1]) أو ذو الكاربيراتير، والكاربيراتير جهاز لخلط الهواء بالبترول ليحدث من ذلك مخلوط مفرقع (المترجم)

هـ. آكروبد ستيوارت (١٨٦٤- ١٩٢٧). إن هذين الباحثين اللذين كان كل منهما يعمل مستقلاً تمامًا عن الآخر ابتكر آلة يضغط فيها الهواء حتى يصير شديد الحرارة. ويحقن الزيت على شكل رذاذ دقيق، وتكفي درجة الحرارة العالية المتولدة من انضغاط الهواء لإشعال المخلوط. ويجب أن يكون الزيت ذا لزوجة تكفي لإحداث احتراق حينما يرش في مشعل زيت الوقود.

وتستعمل زيوت الوقود الآن على نطاق واسع في الأفران للتسخين المنزلي ولتوليد البخار للأغراض الصناعية.

٦- الصناعة والنقل

أحدثت آلة الاحتراق الداخلي خلال الجيل الأخير انقلابًا ثوريًا في نظام النقل البري؛ فبدلاً من تحزيم البضائع ونقلها إلى محطة السكة الحديد، وإعادة تعبئتها في عربات القطار، مع القيام بنفس العملية أيضًا عند محطة الوصول، تؤخذ مباشرة من مكان صنعها إلى المشتري. وكان هذا ذا تأثير على الصناعات بأجمعها، من صناعة الدبابيس والإبر إلى صناعة الطائرات، ومن زرع البطاطس إلى تنظيم مزارع المطاط.

ويأخذ هذا التغيير طريقه في جميع أنحاء العالم المتمدن. إن عربة اللوري تحمل الماشية ومنتجات الألبان والخضراوات والفواكه والأزهار إلى المدن، وتحمل سيارات الركاب الكبيرة القرويين إلى المدن، وتأثرت به كل مستويات الحياة الاجتماعية اليوم، وذلك بمساعدته للتجارة، وبتوسيعه لمدى الاتصالات البشرية.

وقد جعلت آلة الاحتراق الداخلي الغواصة والسيارات والطائرات في حيز الإمكان. هيا بنا نتمنى ونحن أملين ألا تعود بنا حاجة لاستعمال الغواصة

في الحرب، بل تستخدم في الكشف العلمي لأعماق المحيط، وفي إرساء الكابلات البحرية، وفي أعمال الإنقاذ. أما فيما يختص بالنقل الجوي فهناك تقدم دائم فيه، فالبريد الجوي يعمل بانتظام في طرق عديدة كما تستعمل طائرات ضخمة لنقل البضائع. ولا تسافر الطائرات الضخمة الآن بسرعة أكبر من سرعة القاطرات وعابرات المحيط فحسب، بل أن المسافرين الذين يستقلونها يشعرون بقدر أوفر من المتعة واليسر، بينما لا يتكلف السفر بالجو في الطرق أكثر مما يكلفه السفر بالقطارات.

والنقل الجوي ذو قيمة خاصة في الأقاليم الاستوائية حيث تتم الآن الرحلات التي كانت تستغرق أسابيع عبر غابات غير صحية وغير مطروقة في ساعات قليلة. وكذلك يمكن رش مساحات كبيرة من الأراضي الموبوءة من الهواء بمبيدات حشرية كيماوية، وبهذا تمكن السيطرة على كثير من الضرر الاقتصادي الذي تتسبب فيه الآفات. وللتصوير الجوي استخدامات واسعة النطاق. إن الدقة المتناهية للتصوير الجوي تكشف عن التخطيط الأرضي للجيولوجي والمنقب، وتكشف كذلك عن حدود الأماكن القديمة لرجل الآثار بطريقة أفضل بكثير مما تكشفه الملاحظات السطحية. وقد حل التصوير الجوي محل بعض الطرق المضنية المستعملة في المسح الأرضي، وبرهن بذلك على أنه ذو منفعة كبيرة في البلاد التي تقع في المنطقة الحارة، وكذلك في الأقطار المختلفة الأخرى. وزيادة على ذلك، ففي استطاعة المهندسين والمنقبين القائمين بأعمال البحث النائية وسط الأحراش أن ينقلوا لا البريد فحسب، بل والمعونة الطبية وكميات الزاد أيضًا.

وآلة الاحتراق الداخلي الذي يعتمد عليها الكثير من النقل الجوي في العالم إنما هي مثل آخر للكيفية التي تغلب بها الإنسان بالاستعانة بالعلم

التطبيقي على القيود التي ضيقت الخناق عليه بادئ الأمر. وقد رأينا كيف أحدث استعمال القوة الميكانيكية في النسيج، واستخدام الآلة البخارية في النقل تغيرات عظيمة في حياة سكان غرب أوروبا. ورأينا أيضًا كيف يستغل الإنسان بعضًا من المخزونات الهائلة من طاقة الأرض ويشكلها حسب مشيئته. وتتجلى لنا نتائج سيطرة الإنسان في المدينة الصناعية الحديثة بحركة مرورها الصاخبة، ومصانع حديدها المصلصلة، وآلاتها التي تئز، وحفارات طرقها الأوتوماتيكية. ولا يراعي الإنسان باستمرار الحكمة في استخدام سيطرته هذه. وترهقنا جميعًا بعض الأحايين فظاعة الانهماك الشديد في الإنتاج الصناعي. وعلى الرغم من ذلك فهناك شيء من المتعة النفسية في هذا النشاط، كما عبر عن ذلك "شاعر التاج" "روبرت بريدجز" في قصيدته "عهد الجمال" الديوان الأول، الأبيات من ٤٥– ٥٢:

حينما أخذت إلى حجرة الآلات يومًا في صباي/ في الورش الصاخبة لمصنع عظيم

وقفت وجهًا لوجه مع القوة الدافعة الهائلة/ الجاثمة في ردهة سفلى

والتي جعلت كل الطوابق ترتجف/ ألف نول تختلج، ودواليب غزل ترقص

شعرت في نفسي برابطة نسب وحنان/ نفس الشعور الذي يخالج الأطفال

نحو الغيلان التي يعشقونها.

الفصل الحادي عشر

دراسة الأشياء الحية

يجب علينا أن ننتقل إلى ميدان جديد من ميادين الدراسة، ونتدبر مرة أخرى بعض نواحي التقدم في العلم الخاص بالطبيعة الحية. وقد تتبعنا من قبل كشف هارفي للدورة الدموية، لقد جعل هذا الكشف العظيم الناس ينظرون نظرة جديدة إلى الأعمال التي يقوم الجسم بتأديتها. وكان الناس من قبل وقت هارفي يعتقدون بطريقة غامضة أن الدم ينحسر وينساب لكونه الوسيلة لحمل أرواح غامضة تنشأ في القلب والمخ. ولكن اكتشاف هارفي أثبت أن الدم يدور باستمرار، وأنه يحمل التغذية لجميع أجزاء الجسم. وعلى ذلك أصبحت أفكار الناس أكثر تحديدًا، ولقد بدءوا يتساءلون من أين يأخذ الدم المواد الغذائية، وكيف تنتقل إلى الجسم. وأدت مثل هذه الأسئلة إلى مزيد من التجارب.

وقد أثبتت النتائج أن الجسم الحي يمكن دراسته، ويمكن وصف العمليات التي يقوم بها على الرغم من أننا لا ندري شيئًا عن ماهية الحياة، وقنع رجال العلم من ذلك الوقت فصاعدًا بتسجيل ما كانوا يشاهدونه، معترفين بأن التفسيرات قد لا تكون في متناول أيديهم إلى الأبد. وقد تميزت بهذه الظاهرة كل نواحي التقدم في العصور الحديثة.

١- الدراسات المقارنة

وحيث أنه قد ألقيت الأضواء على مزيد من الحقائق الخاصة بجمهرة غفيرة من الأشياء الحية، فقد أحس الناس بالحاجة إلى إيجاد نوع من التنسيق

لأفكارهم بواسطة خطة اتخذوها لتصنيفها، والحقيقة أن مجرد تجميع الحقائق دون بذل أي مجهود للبحث عما بينها من علاقات يبدو مستحيلاً للعقل البشري.

وهناك أدلة على وجود هذا الحافز نحو التصنيف في المؤلفات العليمة القديمة، فمثلاً قام أرسطو أحد أعاظم الباحثين الذين أنجبتهم الأيام في ميدان الطبيعة الحية بتصنيف الحيوانات التي لاحظ عاداتها، وتكوينها، وقد تعرف على أكثر من خمسمائة نوع، واستعمل فكرة النوع ليدل على قسم أدنى من فصيلة أعلى. واعترف بوجود تدرج في التعقيد في جميع أنحاء المملكة الحيوانية، وخص بالذكر الأقسام الرئيسية – الفقاريات واللافقاريات – وقام بدراسات كثيرة مقارنة. كما يدل ذلك على تعرفه على العلاقات التي بين بعض الكائنات البحرية والثدييات البرية.

ويبدو أن الذين تلوا أرسطو لم يضيفوا مزيدًا من طرق التصنيف، وكان علماء الأحياء([1]) حتى القرن السابع عشر قانعين بتسجيل أوصاف تفصيلية لأصناف مختلفة من الأشياء الحية. وابتكر علماء النبات في ذلك الوقت كثيرًا من المصطلحات التي استعملوها كنوع من الاختزال هادفين إلى جعل الأوصاف أوجز وأكثر دقة. والحقيقة أن مثل هذا الاقتصاد في الكلمات يلعب دورًا مهماً في جميع الأوصاف العلمية.

وأصبح مفهوم النوع يستعمل كثيرًا جدًا قرب نهاية القرن السابع عشر– كما يستعمل الآن– ليدل على قسم محدد نوعًا ما بين النوع الرئيسي أو

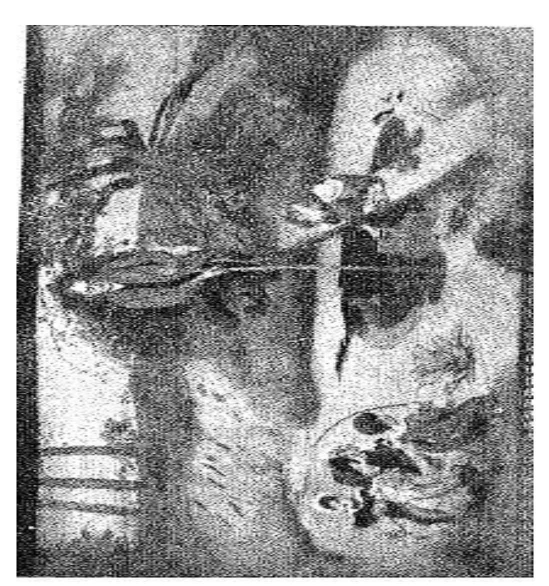
([1]) إن كلمة علم الأحياء بدأ استعمالها في طليعة القرن التاسع عشر.

الجنس وبين الجم الغفير من الأصناف([1]). وعلى العموم فعلى الرغم من أن الأنواع تتفق في الصفات الرئيسية للجنس الذي تنتمي إليه، إلا أنها تختلف فيما هو دون ذلك من الملامح. ولكن الدراسات التي تلت ذلك وخصوصًا دراسات دارون أثبتت أن وجهة النظر هذه تتطلب تحديدًا، وأنه من المستحيل وضع أية قاعدة صارمة فيما يختص بطريقة التمييز بين الصنف والنوع.

وفي النصف الثاني من القرن الثامن عشر وضعت طريقة فعالة لتصنيف النباتات بواسطة عالم نبات سويدي يدعو لينيس (١٧٠٧– ١٧٧٨). وقد أسس طريقته على الصفات المستمدة من الأسدية والكرابل، وهي الأجزاء المسماة بأعضاء التناسل في الزهرة. وأدخلت طريقته في حسابها عددًا قليلاً فقط من المميزات الواضحة، ولكنها كانت ذات نفع كبير في أيامه ولفترة طويلة بعد ذلك. ومن الممتع أن نلاحظ أن لينيس أدرج كلاً من الحيوانات والنباتات تحت اسم واحد، ألا وهو الكائن الحي. وهو تعبير شائع اليوم. ومع ذلك فإن إدخال التعبير بعد مرحلة مهمة من مراحل التفكير العلمي، بتعليقه أهمية على أوجه التشابه أكثر من أوجه الخلاف، ومساعدة الناس على أن يكونوا أوسع أفقًا في تفكيرهم.

([1]) ما يجري عليه الناس عامة الآن هو تقسيم كل من الحيوانات والنباتات بإعطائها اسمًا مزدوجًا يشير الأول إلى الجنس الرئيسي والثاني إلى النوع. ولذلك فإن هناك أنواعًا عديدة من نباتات شقائق النعمان تعرف باسم رومانكبولس آكريس، ورمانكيوليس– بينز، وررومانكيولس بيولسس، وهكذا.

لوحة رقم ٣٢



دالتون يجمع غاز المستنقعات (من صورة في صالة عرض للفنون بمنشستر) بريشة فورد مادوكس براون

لوحة رقم ٢٤



رسم توضيحي قديم وطبيعي جدًا لنبات

وظل علماء الطبيعة في بلاد كثيرة من أوربا طوال القرن الثامن عشر يضيفون إلى كنوز المعرفة الخاصة بالكائنات الحية. ونتيجة لذلك ألقي الضوء على كثير من العلاقات المهمة بين هذه الكائنات، فمثلاً رؤي أن الفقاريات تتكون طبقًا للنظام العام فيما يختص بشكل الهيكل العظمي، وفيما يختص بالتفاصيل كالأسنان، والأذنين، والرئتين، والعضلات الضابطة. وكانت أبحاث جون هنتر ذات أهمية عليا في ميدان التشريح المقارن. وكانت الدراسات المقارنة بالنسبة له تستخدم لا كمجرد وسيلة تعينه على التصنيف فحسب، بل كوسيلة لبعض التفهم السليم للصلة التي تربط بين الكائنات الحية، ولمبدأ الحياة الغامض الذي يتحكم في جميع أوجه نشاطها.

وأدى هذا بهنتر إلى دراسة أثر العادة على تكوين الحيوانات، وقد لاحظ مثلاً أن التغيرات في الغذاء أحدثت تغيرات في أعضاء الجهاز الهضمي للطيور. ودرس سرعة وكيفية نمو العظام. وقام بتجارب دقيقة ضم فيها أجزاء مختلفة من جسم حي بعضها إلى بعض. لقد غرز مهماز ديك في عرفه، ووجد أن سرعة نموه هناك تبلغ ضعف سرعة نمو المهماز الذي ترك على الرجل الأخرى للديك. وبعد زمن هنتر بوقت طويل أدرك الباحثون الآخرون الذين كانوا يظنونا أنهم عثروا على شيء جديد في وظائف أعضاء الجسم الحي أن هنتر قد سبقهم إلى هذا كله. وقد أدى هنتر خدمة مباشرة لعلم الأحياء، ألا وهي طريقته في تنظيم المتاحف. إن مجموعاته الهائلة قد حصل عليها بعد موته، وهي تكون الآن جزءًا من المتحف الهنتري في لندن، وقد نظمت متاحف التاريخ الطبيعي التي نراها الآن في جميع البلاد المتمدنة بدرجة كبيرة على نسق خطط هنتر.

ويمثل هنتر الباحث العلمي في أحسن حالاته. وكان يبز معاصره لدرجة كبيرة جدًا في الذكاء وإخلاصه للحقيقة الذي لا يكل.. إنه يقف كشخصية بطولية، إذ كرس حياته للعلم. وقد مات من نتائج مرض أصاب به نفسه أثناء جهوده لإيجاد علاج يخفف آلام مواطنيه.

٢- التغيرات الكيماوية في الكائنات الحية

لقد أسهم الكيميائيون بمساهمات قيمة في دراسة الحياة، فقد أثبت بريستلي أنه حينما تترك الفئران في حيز مغلق تموت بسرعة، ولكن الهواء الذي تجعله بهذه الطريقة غير صالح للتنفس يمكن أن يرد إلى حالته الأولى بواسطة نباتات حية خضراء. وقد رؤى بعد الإلمام بالغازات العامة التي يتكون منها الغلاف الجوي أنه بينما يزيد تنفس الحيوان مقدار غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو، فإن النباتات الخضراء النامية نهارًا تأخذ الكربون من الغاز، وبذلك تعيد الأوكسجين الذي فقد في الأصل وهذه العملية التي تقوم بها النباتات، والتي تحدث توازنًا ملحوظًا في الطبيعة تعرف بعملية التمثيل الضوئي. وبهذه العملية تتكون مركبات الكربون المعقدة مثل النشا والمواد السكرية في النبات الأخضر من غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء. وهذه العملية لا نظير لها في المملكة الحيوانية. وعلى الرغم من أن الأشرار يشبون ويزدهرون كما تزدهر شجرة الغار الخضراء، إلا أن طريقتهم في لحصول على التغذية تختلف اختلافًا جوهريًا.

وقد توصل الناس بمرور الوقت إلى التعرف على نظام كيماوي رتيب منتظم يلازم عمليات الحياة دومًا. وقد أجريت دراسات بهذا الخصوص بتوجيه من لافوازييه عام ١٧٨٠. ونتيجة لهذه الدراسات وجد أن الحيوان

مثله بالضبط مثل قطعة فحم نباتي مشتعلة يأخذ الأوكسجين، ويخرج ثاني أكسيد الكربون. وفي إحدى التجارب التي قام بها لافوازييه أشعل قطعة فحم نباتي في إناء أحيط بثلج. وقد أعطاه وزن الثلج المذاب تقديرًا للحرارة الناتجة([١])، واستطاع بسهولة أن يحسب كمية الحرارة المنبعثة عن احتراق رطل من الفحم النباتي. وبعد ذلك احتفظ بخنزير غيني في إناء محاط بثلج، وأمده بهواء مدة عشر ساعات. وفي أثناء ذلك امتصت الغازات المنبعثة أثناء تنفس الحيوان، وأمكن بعد ذلك إيجاد وزن ثاني أكسيد الكربون. وحسبت الحرارة المنبعثة على أساس وزن الثلج المذاب. وقدر لافوازييه النسبة بين وزن غاز ثاني أكسيد الكربون المتكون وبين الحرارة الناتجة (أ) في حالة الفحم النباتي، (ب) في حالة خنزير غينيا. وأظهرت النتائج اتفاقًا تامًا تقريبًا كاف لجعل لافوازييه يستنتج أن حرارة الحيوان ترجع إلى التأكسد.

وبعد إجراء تجاربه الأولى هذه بسنين قلائل علم لافوازييه يكشف كافنديش للأيدروجين. وقد اعتقد حينئذ أن التباين في نتائجه لا بد أن يكون راجعًا إلى أن الأوكسجين الذي تمتصه رئتا الحيوان يستعمل من جهة ليؤكسد الكربون محولاً إياه لثاني أكسيد الكربون، ومن جهة ليؤكسد الأيدروجين محولاً إياه إلى ماء. وقد ظن أن هذا التأكسد يحدث في الرئتين. وقد ثبت خطأ وجهة نظره هذه بعد موته بخمسين عامًا. لقد تحقق الناس حينئذ أن حرارة الجسم راجعة إلى التأكسد الذي يحدث في جميع أجزاء الجسم المختلفة.

([١]) أجريت تجارب بلاك على الحرارة الكامنة للثلج عام ١٧٦١. ومنذ ذلك الوقت اعتاد رجال العلم اعتبار الحرارة كمية يمكن قياسها.

وقد خلف من بعد لافوازييه خلف جديد هو جي لوساك الذي كان مدرسًا لليبج أثناء دراسته الأولى في باريس. وقد دفعت أعمال ليبج دراسة التغيرات الكيماوية للكائنات الحية شوطًا كبيرًا إلى الأمام. وقد رأينا كيف اكتشف ليبج تركيب أعداد كبيرة من المركبات العضوية، وحاول تطبيق هذه المعلومات على دراسة النباتات وعلى الزراعة. وعرف أن النباتات الخضراء التي تنمو أثناء النهار تأخذ الكربون من غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء، وما غاز ثاني أكسيد الكربون إلا نتاج عادم من منتجات الحياة الحيوانية. ولذلك أدرك أن النباتات ترد إلى الهواء الأوكسجين الذي تسلبه الحيوانات. وكان يعتقد علاوة على ذلك أن آزوت النباتات مشتق من آثار غاز النشادر الموجود في الهواء، وأنه حينما تتخلل النباتات فإنها تعيد الآزوت بهذا الشكل إلى التربة. وعلى ذلك تخيل وجود توازن في الطبيعة بين الحياة الحيوانية والحياة النباتية.

وقد ثبت أن فكرة ليبج عن وجود توازن في الطبيعة ذات أهمية كبيرة، وقد تبين بعد عصر ليبج أنه أفرط في تقدير غاز الأمونيا (غاز النشادر) في الهواء، وأن النباتات تستمد آزوتها غالبًا من التربة. ولذلك فعلى الرغم من أن ليبج كان مخطئًا فيما يتعلق بهذه النقطة الخاصة، إلا أن فكرته في توازن الطبيعة وضعت في الحقيقة الناس على الطريق القويم صوب دراسة علمية لتغذية النبات وتطبيقها في مجال الزراعة. وأكد ليبج أن النباتات تحصل على قدر كبير من غذائها من التربة، وأنه إذا استنفدت بعض أملاح من التربة، فإنها لا تعود قادرة على مد النبات بالحياة. وبين أن خصوبة التربة يمكن استعادتها بإضافة هذه الأملاح المفقودة. ومنذ ذلك الوقت صارت إضافة هذه الأملاح، المسماة بالمخصبات الصناعية، أمرًا رتيبًا بين الزراعيين في أنحاء كثيرة من العالم.

ولقد رأينا كيف أنشئ في معمل ليبج نتاج نمطي من الحياة الحيوانية من العناصر المكونة له بالوسائل الكيماوية العادية. ومن ذلك الوقت فصاعدًا درس رجال العلم التغييرات الكيماوية الناتجة بواسطة الكائنات الحية، كما يفعلون مع التغيرات الكيميائية الأخرى. لقد أجريت مقاييس دقيقة للتغيرات الكيميائية التي تتم أثناء هضم الطعام([١])، وكذلك لتغييرات حرارة الجسم. وابتكرت خلال السنين الحديثة طرق لقياس الحرارة المنبعثة من رجل يعيش في حظيرة كبيرة، وفي درجة من النعيم أكبر بكثير جدًا مما تمتع به خنزير غينيا الذي استخدمه لافوازييه، وكذلك قيس العمل الذي يؤديه شخص ما ممتط دراجة ثابتة وهو يحرك البدالات بقدميه.

وقورنت الطاقة التي بذلت أثناء عدد معين من الساعات في مثل هذا النشاط بالتغييرات الكيماوية التي تحدث داخل جسمه. وتجل النتائج على ما يلي:

(أ) الطاقة المبذولة في العمل العضلي، (ب) الحرارة الناتجة، و(ج) الطاقة التي أطلق سراحها بواسطة التغيرات الكيماوية داخل الجسم، تتكافأ كلها مع بعضه البعض، وبمعنى آخر لقد تحقق مبدأ الطاقة في حالة الشخص الحي.

وعلى ذلك فقد حدث أن قيست التغيرات الكيماوية، والتغيرات الحرارية، وتغيرات الطاقة الخاصة بالكائن الحي، ووجد أن نفس قوانين تغير الطاقة والحرارة، ونفس قوانين الاتحاد الكيميائي تنطبق على المادة الحية

([١]) لوحظ بعض التغيرات الكيماوية التي تجرى أثناء عملية هضم الطعام بواسطة باحث سابق يدعى ريومير (١٦٨٥– ١٧٥٧). بعد أن استخرج ريومير العصارة المعدية من معدة طائر وجد أنها تذيب المواد الغذائية التي يحتفظ بها في درجة حرارة الجسم، مبينًا بذلك أن الهضم يتضمن تغيرًا كيماويا. وكان المفروض سابقًا أن العمل الرئيسي للمعدة هو خض الطعام. ويشتهر اسم ريومير بترمومتره ذي الثمانين درجة الذي ما زال يستعمل على نطاق واسع في القارة.

وغير الحية سواء بسواء. وأدت مثل هذه النتائج إلى دراسة الكائن الحي كما لو كان مجرد آلة شديدة التعقيد. وبتمسك رجال العلم بوجهة النظر هذه فترة ما وتجاهل جميع المظاهر الأخرى، تمكنوا من الوصول إلى نتائج كان من المستحيل الوصول إليها لو اعتبر الكائن الحي ككل، على الرغم مما به من تعقيدات تثير الحيرة.

٣- الخلية

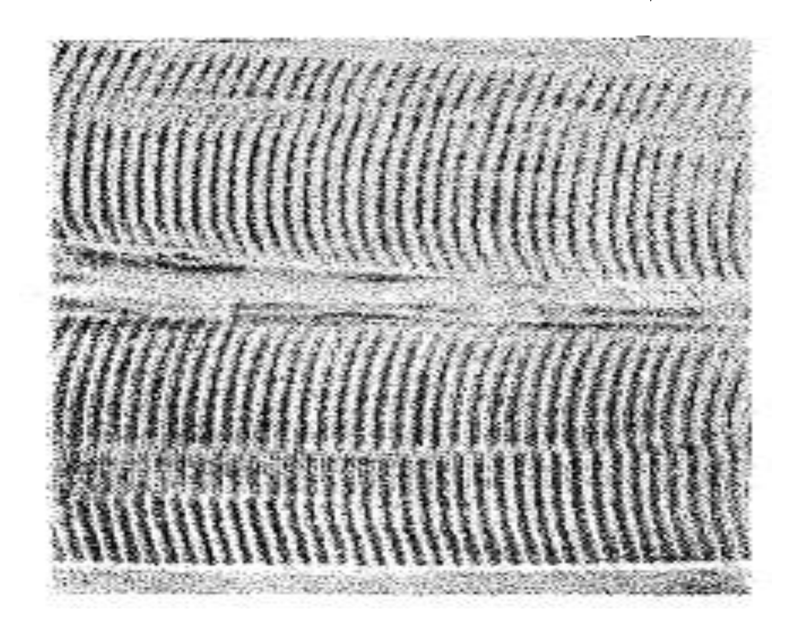
لقد رأينا كيف جدت دراسات عديدة في القرن السابع عشر بالاستعانة بعدسة مفردة. ولقد لوحظ أن مواد كالفلين تتكون من خلايا دقيقة مثل شمع العسل. وسرعان ما تعرف الإنسان على وجود مثل تلك الخلايا في كثير من المواد النباتية الأخرى. وبالقرب من نهاية القرن الثاني عشر، لوحظ أن مواد الأجسام الحيوانية لها تركيب يظهر تحت المجهر كأنه قماش منسوج (لوحة ٢٥). ومن هنا نشأ لفظ نسيج للدلالة على المادة التي تتكون منها أجزاء جسم الحيوان، مثل العضلات، والأعصاب، والعظام، والجلد.

وقد أعطت المجاهر المزدوجة الأولى صورًا محرفة مطموسة بواسطة أهداب ملونة. ولذلك فضل رجال الأرصاد في ذلك الوقت استعمال عدسات مكبرة مفردة فقط. ومع ذلك بين المزيد من الدراسات التي تمت في أوائل القرن التاسع عشر أنه بواسطة الجمع بين عدسات مصنوعة من أنواع مختلفة من الزجاج يمكن تلافي الصور المحرفة والملونة. وقد سمح التقدم في صناعة الزجاج لرجال الفيزياء بالحصول على نوع العدسات المطلوبة. وعلى ذلك فإن المعلومات التي تجمعت من مصادر مختلفة بالإضافة إلى التقدم الفني، يسرت إيجاد الآلة الصحيحة للعمل الذي نحن بصدده.

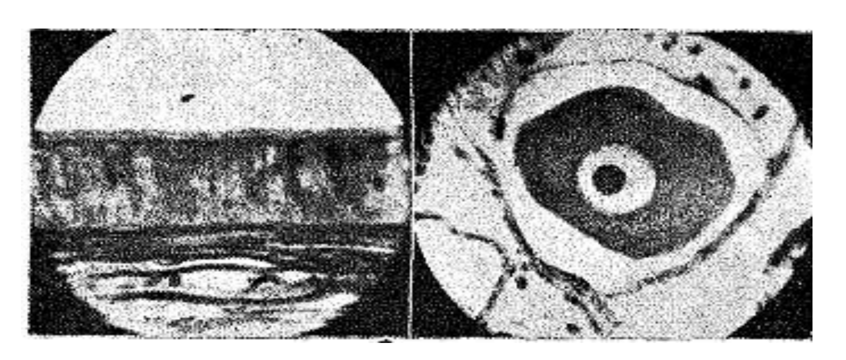
ومكن المجهر المزدوج مع التحسينات التي أدخلت عليه الناس من النظر في داخل الأنسجة إلى الخلايا ذاتها التي تتكون منها (لوحة ٢٥) وقد لوحظ أن الخلايا الحيوانية أجسام صغيرة منفصلة بغير حواجز بين بعضها البعض. ولذلك فعلى الرغم من احتفاظنا بكلمة خلية إلا أنها ليست تعبيرًا مناسبًا. وقد أثبتت أبحاث أخرى أن كل خلية تحيا حياتها الخاصة. وعلى ذلك فقد أصبح ينظر إلى كائن حي مثل الإنسان أو الشجرة يتكون من ملايين من الخلايا كمكان ذي عدد سكان هائل تلعب فيه الأفراد أدوارهم الخاصة، ولكنه في النهاية تابع للمجتمع الذي يعيش فيه ككل.

ولوحظ اختلاف في الكائنات الحية اختلافًا كبيرًا في درجة تعقيدها، وقد ظهر هذا بوضوح من وسائل نموها. وعلى ذلك فقد لوحظ أن كائنًا حيًا بسيطًا مثل نبات الخميرة ينمو بمجرد التكاثر، إذ تتبرعم الخلية مكونة خلايا أخرى. ولوحظ من جهة أخرى أن الكتكوت الصغير ينمو بطريقة تخصص شديدة التعقيد: تكون بعض الخلايا أنسجة الرئتين، وتكون الأخرى الريش، وهكذا. وأثبتت دراسات نمو الحياة من أقدم مراحلها أن الحيوانات العليا، وكذلك الطيور والزواحف تبدأ حياتها كخلية بيض ملقحة (لوحة ٢٥). وأعطى هذا الكشف اسمًا جديدًا لدراسة الأشياء الحية، وكشف عن وحدة في الطبيعة لم يحلم بها إنسان قط من قبل، ومكن حياة الإنسان نفسه من أن تدرس من وجهة نظر النمو الخلوي.

لوحة رقم ٢٥



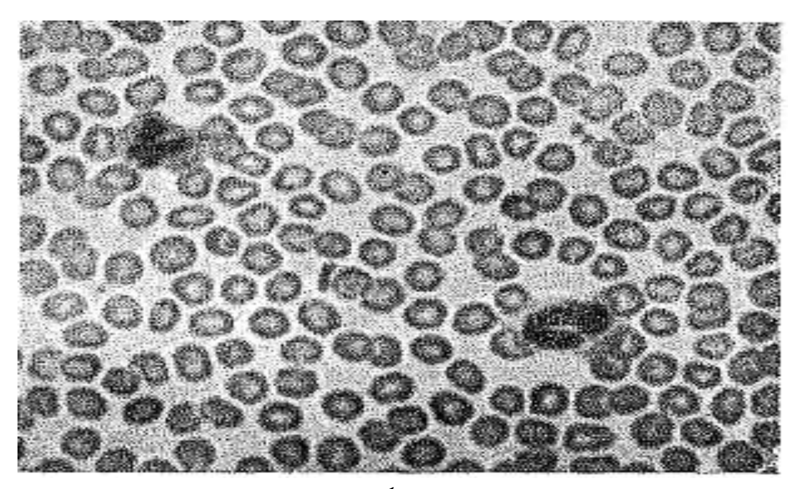
شريحة لعضلة إنسانية تحت المجهر تبين كيف تتكون من أنسجة



الخلية البيضية لقوقع الخلية
معدة تقريبًا للإخصاب وترى
النواة بوضوح

شريحة لجلد دودة أرضية تحت المجهر
مكبرة بدرجة كبيرة بين الجزء الأسفل
من الشكل أنسجة العضلة

لوحة رقم ٢٦



خلايا دم الإنسان مكبرة بدرجة كبيرة

الخلايا نوعان: حمراء وبيضاء. وليست للخلايا الحمراء التي توجد في الصورة بكثرة نواة، أما الخلايا البيضاء التي تظهر منها اثنتان فلها نواة محددة، وهي أكبر من الخلايا الحمراء. وتستخدم الخلايا الحمراء في حمل الأكسجين، أما الخلايا البيضاء فتؤدي مهام عديدة من بينها محاربة الكائنات الحية الدقيقة التي تسبب المرض.



البكتير العنقودي (السبحي)

نوع من الكائنات الحية الدقيقة يسبب عدوى مثل فرخ الجمرة

وقد تقدمت دراسة الخلايا النباتية والحيوانية بفضل كثير من الباحثين خلال النصف الأول من القرن التاسع عشر، وسنذكر اسمي رائدين فقط من هؤلاء الرواد، وهما العالم النباتي الإنجليزي روبرت براون (١٧٧٣– ١٨٥٨) وعالم الأحياء الألماني ج. أ. بيركنج (١٧٨١– ١٨٦١). لقد

فحص براون أنواعًا كثيرة من خلايا النبات، كما وصف جسمًا في باطن الخلية، هو النواة، وكذلك وصف خلايا الأنسجة الرئيسية لجسم الحيوان. وأدرك أن الخلايا الجديدة تنتج بواسطة انقسام الخلايا الموجودة، ولاحظ أن الخلايا النباتية والحيوانية لها تركيبات متشابهة كما يتضح من الفحص المجهري. ولم تلق دراسات بيركنج اعترافًا فوريًا بسبب بعض الأفكار الخيالية المبهمة التي تقدم بها الباحثون الآخرون. ومع ذلك فبعد منتصف القرن بقليل أصبحت الأفكار أكثر اتضاحًا. وأصبح رجال العلم في بلاد كثيرة يدركون أن الأجزاء المهمة في الخلية النباتية أو الحيوانية هي النواة والمادة المحيطة بها. وأصبح السائل المائي، بما فيه محتويات الخلية وكل من النواة والمادة المحيطة بها، يعرف بالبروتوبلازم (الصورة الأولى) ولوحظ أنه يتحدد في جوهر تركيبه ووظائفه في كل من بناء الخلايا الحيوانية والنباتية. وقد أصبح البروتوبلازم يعتبر الأساس الطبيعي للحياة.

وكان من النتائج العاجلة لتطبيق هذه المعلومات الجديدة عن الخلايا إنشاء قسم طبي خاص، ألا وهو قسم الأنسجة المريضة. وكان الفضل الأكبر في هذا راجعًا إلى العمل الرائد للطبيب رودلف فيرخاو (١٨٢١- ١٩٠٢) من برلين. فحص فيرخاو بناء خلايا الأنسجة السليمة والمريضة، وفتح بذلك الطريق لدراسة دقيقة لنموات الخلايا غير العادية المعروفة بالسرطان، وتقوم أبحاث نشطة في مثل تلك الأمراض في جميع مراكز الدراسات الإحصائية والطبية الحديثة.

وقد تميزت الدراسات التي ذكرناها حتى الآن بازدياد مستمر في مجال الفحص الدقيق، فقد تناول الفحص أولاً الكائن الحي، ثم الأعضاء، ثم الأنسجة، إلى أن وصل إلى الخلية والبروتوبلازم. وفي خلال السنين الحديثة خطا هذا البحث خطوة أخرى إلى الأمام، فقد فحص الناس نواة الخلية

الدقيقة نفسها. وقد تبين أن هذه النواة تتكون من أجسام دقيقة أخرى تلعب دورًا عظيم الأهمية في تقرير الكيفية التي يشبه بها كائن حي جديد أولئك الذين نشأ منهم، وتقدمت كذلك الطرق المعملية تقدمًا كبيرًا جدًا لدرجة أن خلايا فردية فصلت عن الأنسجة الحية وظلت حية فترات طويلة. وقد أثبتت مثل تلك التجارب بطريقة مدهشة أن كل خلية إنما هي حياة داخل كل حي أعظم.

٤- النظرية الجرثومية للمرض

شوهدت في أيام المجهر الأولى كائنات حية دقيقة في اللبن الحامض والخل واللحم المتحلل. وقد أدرجت مثل هذه الكائنات سويًا تحت اسم البكتريا. وإنه لأمر معروف للجميع الآن أن كثيرًا من الأمراض تنتقل بواسطة أنواع معينة من الكائنات الحية الدقيقة. وأخذت وجهة النظر هذه تثبت أقدامها باستمرار خلال النصف الأول من القرن التاسع عشر، ولكن فحصها علميًا والبرهنة عليها كان الفضل فيه راجعًا إلى ما قام به الكيميائي الفرنسي لويس باستير (١٨٢٢– ١٨٩٢).

كان باستير مولعًا في بدء حياته العملية بالمشاكل الناشئة عن صناعة الخمر والبيرة الدافئة في الهواء. ومع ذلك فأحيانًا كانت تحمض كميات كبيرة من البيرة الجديدة. ويئس صانعو البيرة في منطقة بأجمعها ذات مرة، وطلبوا نصيحة باستير.

وجد باستير بفحصه الخميرة من البيرة السليمة وغير السليمة تحت مجهر عدة كائنات حية تختلف اختلافًا تامًا. واستنتج أن هذه الكائنات توجد دومًا في الهواء، وأن نوعًا منها يتسبب في تحويل النشا أو السكر إلى الكحول الذي يحتاجه صانعو البيرة. وهناك كائنات أخرى تفرط في العملية إفراطًا كبيرًا وتجعل البيرة غير صالحة للشرب.

واستنتج باستير أن هذه الحالات وحالات غيرها من حالات التخمر كحموضة اللبن وتعفن اللحم ترجع إلى بكتريا موجودة في الهواء. وقد أثبت هذا بتجربة بسيطة للغاية. أعد قنينة بها حساء لحم ملتوية (شكل ٣٨)، ثم غليت القنينة غليًا تامًا، وتركت بنهايتها مفتوحة للهواء. لقد بقي الحساء هكذا أسابيع دون أن



(شكل ٣٨)
قنينة باستير

يتخمر. ولكن عند تحطيم الأنبوبة مما أدى إلى دخول الهواء مباشرة أصبح الحساء حامضًا بسرعة. واستنتج باستير أن البكتريا كانت قد بقيت فيما قبل داخل التواء الأنبوبة، حيث لا توجد هناك حركة هواء تحملها مع التراب إلى داخل القنينة. وقد وضعت هذه التجربة أيضًا حدًا لموضوع حوار قديم، فقد كان المفروض يومًا أن قطع اللحم أو الخبز، أو الجبن التي تفسد وتصير بعد ذلك مغطاة بدويدات صغيرة كانت تفسد لأن بعض صور الحياة هذه كانت تنشأ بالفعل من المادة التالفة. ومع ذلك فقد بينت تجربة باستير بوضوح أن الكائنات الحية لم تكن ناشئة عن المادة الحية ذاتها، ولذلك أكد بجرأة أن الحياة يمكن أن تنشأ من الحياة فقط. وقد أكدت جميع الأبحاث التي تلت ذلك قوله.

وفي سنة ١٨٦٦ استدعي باستير إلى جنوب فرنسا لمعاونة المزارعين المنكوبين في مناطق إنتاج الحرير، الذين كانوا مهددين في معيشتهم بمرض

أصاب ديدان القز. واقتفى باستير بالاستعانة بالمجهر كائنين حيين دقيقين متميزين كانا يسببان المرض. لقد تتبع هذه الكائنات الحية خلال جميع الأطوار التي تمر بها حياة دودة القز من بيضة إلى دودة إلى يفعة إلى فراشة. وبعد أن كشف بواسطة الفحص المجهري عن السلالة المصابة أثبت أنه من الممكن إيقاف العدوى بالقضاء على هذه السلالة وأماكن توالدها.

وكان باستير قبل هذا الوقت جادًا في متابعة أمراض أخرى، وسرعان ما استطاع إلقاء الضوء على ذلك المرض المميت، مرض الجمرة الذي يصيب الماشية، وينتقل أحيانًا إلى الإنسان. وإننا لنجد أن عمل باستير في دراسة هذا المرض يتصل بعمل غيره من كبار الباحثين وعلى الأخص الباحث الألماني روبرت كوخ (١٨٤٣– ١٩١٠).

وكان المعروف مدة سنين أن دماء الماشية التي ماتت بالجمرة كانت تحتوي أجسامًا كالحبال أطلق عليها فيما بعد اسم الباسيلات كان من الممكن مشاهدتها بواسطة المجهر. ولذلك فعقب كل وباء للجمرة كانت تتخذ كل الاحتياطات لإبقاء الماشية السليمة بعيدة عن الحقول والحظائر التي كانت بها الماشية المصابة. ولكن ثبت عدم كفاية مثل تلك الاحتياطات وعندما فحص كوخ جراثيم الجمرة تحت مجهر، لاحظ أنها تحتوي أجسامًا أخرى (الأبواغ) ذات مقاومة شديدة للتغير. ويمكن أن تظل تلك الأنواع خامدة مددًا طويلة، وبعد ذلك تنمو إذا كانت هناك ظروف ملائمة، وعلى ذلك فإن طول بقاء مرض الجمرة في منطقة معينة قد عرفت أسبابه.

والآن ظهر باستير على المسرح، لقد أخذ دمًا من حيوان مصاب بالجمرة، وجعله يتكاثر في محلول مناسب كان في إمكانه تخفيفه كيفما

يشاء. وقد وجد أن النقطة منه حتى حينما خففه تخفيفًا كبيرًا كانت مميتة كمرض الجمرة تمامًا. واستنتج استنتاجًا صحيحًا أن العدوى التي يحملها الدم المصاب ترجع إلى كائن حي كان يتكاثر باستمرار أثناء هذا التخفيف. ولذلك أكد أن الكائن نفسه هو المسئول عن المرض.

ونجح باستير بعد إجراء تجارب كثيرة في جعل باسيلات الجمرة تنمو في درجة حرارة أكثر ارتفاعًا عن ذي قبل. وحينئذ وجد أن هذه الباسيلات قد ضعفت بدرجة كبيرة، وأنها تحدث فقط نوعًا خفيفًا من المرض حينما تحقن في حيوان. وزيادة على ذلك فإن هذا الحقن حمى الحيوان من إصابات أخرى. وسار العلاج نتيجة لذلك على النهج الذي سار عليه جينر في حالات الجدري. وتكريمًا لسلفه العظيم أطلق باستير على الطريقة التي اتبعها التطعيم([1]).

والخدمة الكبرى التي أسداها باستير هي إقامته الدليل الواضح على انتقال العدوى بواسطة الجراثيم. وأوجد معاصره كوخ طرقًا خاصة للكشف عن هذه الكائنات الحية الدقيقة، وفحصها، والكشف عن الأحوال التي تعيش وتتكاثر فيها. ونجح بهذه الطريقة في الكشف عن جرثومة السل، ودراسة الكوليرا، ومرض النوم وقد قامت كل الأبحاث الخاصة بالكائنات الحية المسببة للمرض على الطرق التي أوجدها كوخ.

٥- بعض نتائج النظرية الجرثومية

([1]) أجرى باستير أبحاثًا أخرى مكنته من تحضير طعم لشفاء المصابين بمرض الكلب الخطير الذي ينتقل بواسطة الكلاب المصابة. وفي عام ١٨٨٨ أسس معهد باستير في باريس لعلاج الكلب طبقًا لطريقة باستير. ومنذ ذلك الوقت عولجت آلاف الحالات بنجاح. ولكن الوقاية خير من العلاج. وقد انقرض الآن المرض من إنجلترا وأصبح نادر الوجود جدًا في القارة، بفضل العلاج الفوري للحالات المشتبه فيها وبفضل تكميم الكلاب.

كان هناك في منتصف القرن التاسع عشر جراح من جلاسجو يجري أبحاثًا عن أسباب التئام الجروح غير الصحي. وكان مرضاه فقراء سيئي التغذية من الأحياء الشديدة الزحام في المدينة. وكان هذا الطبيب ج. ج. ليستر (الذي أصبح لوردًا فيما بعد) (١٨٢٧– ١٩١٢) رجلاً اعترفت الدنيا بحق أنه كان من أعظم المحسنين في العالم.

وكان لدى ليستر بالفعل خبرة كبيرة بالجراحة، وكان حاضرًا أثناء إجراء بعض العمليات الأولى التي استعمل فيها الأثير، والكلوروفورم(١). وقد مكنت هذه المركبات الجراحين من تأدية عملهم بترو أكثر بواسطة جعل المريض مسلوب الشعور. ومع ذلك كان هناك دائمًا تخوف من جرح غير سليم أو عفن مما يتسبب غالبًا في تسمم دموي مميت.

وأدرك ليستر أن الالتئام غير السليم كان من شأنه أن يتسبب في تعفين للأنسجة. وساعدته في هذا المجال كتابات باستير. وقد عرف منها ليستر إيصاد الأبواب أمام مثل تلك الكائنات الحية حتى لا تصل إلى الجرح بواسطة: (أ) جعل الهواء نقيًا خاليًا من التراب. (ب) جعل أيادي القائمين بالعمليات هي وآلاتهم خالية من الجراثيم أو معقمة. واعتاد ليستر أول الأمر أن يرش الهواء والجرح بمحلول حامض الفينيك الذي استعمله أيضًا لتعقيم الآلات وكذلك أيدي القائمين بالعملية. وبعد ذلك استعمل موادًا ألطف وعقم آلاته بالتسخين.

وأصبحت طريقة ليستر تعرف باسم الطريقة المطهرة، وقد استعملها جراحو الجيش أثناء الحرب البروسية الفرنسية. ولذلك أدت إلى إنقاذ حياة

---

(١) كان الأثير معروفًا من القرن الثالث عشر ولكنه استعمل لأول مرة للتخدير حوالي عام ١٨٤٤. وقد عزل الكلوروفورم لأول مرة بواسطة ليبج في سنة ١٨٣١ أثناء أبحاثه في تركيب الكحول.

الكثيرين، وإلى تخفيف آلام المصابين. وبعد بعض المعارضة استعملت طرقه في مستشفيات إنجلترا ومستشفيات القارة، كما استعملت كذلك في العيادات الخاصة.

ولم تكن النظافة في الجراحة أمرًا مستجدًا، إذ لوحظت أيام الإغريق القدماء. ولكن الجراحين في جزائر الإغريق الصغيرة الجميلة كانوا يعملون في ظروف أكثر ملائمة من تلك الظروف التي سادت المناطق الصناعية في أوائل القرن التاسع عشر. وقد حدث أن كان مستوى الأحوال الصحية حينما كان يعمل ليستر في جلاسجو منخفضًا جدًا، وكان معدل الوفاة من الجروح مرتفعًا في العادة. لقد أثارت حالة المصابين السيئة شجن رجل مملوء بالشفقة الإنسانية والذكاء العلمي كذلك، ومن ذلك نشأ العلاج. وإنه لما يثير الأسى أن يتصور الإنسان أن الظروف غالبًا ما تسوء بدرجة طاغية قبل أن يصل المخلص([1]).

٦- الحرب المستمرة ضد المرض

لعبت التحسينات التي أدخلت في علم الصحة في المائة سنة الأخيرة دورًا عظيم الأهمية في تطور ثورتنا الصناعية الحديثة من ناحية كونها تستلزم تجمع السكان سنويًا في مدن كبيرة. إن الطرق الأفضل التي اتبعت في المحافظة على الصحة، وتجفيف المستنقعات، وإمداد الناس بالماء النقي، وبناء مساكن أفضل، تلك الخطوات التي بدأت في أوربا الغربية بالفعل في النصف الثاني للقرن الثامن عشر نتج عنها انخفاض مستمر في معدل الوفاة، وفي الاختفاء التام لبعض الأمراض. فمثلاً كانت الملاريا التي كانت تعرف

([1]) قبل أن يأتي ليستر بطريقته ببضع سنين كان هناك طبيب هنغاري يدعى سيميلوس (١٨١٨– ١٨٦٥) يعمل في مستشفيات الولادة في فيينه هاله عدد الموتى بين الأمهات المسكينات، واكتشف أن السبب هو التدخل غير المحدود من الأطباء الملازمين الذين لا يغسلون أيديهم. ولذلك أصر سيميلوس على استعمال وسائل مطهرة، وكان من نتيجة ذلك أن توقفت نسبة الوفاة العالية.

سابقًا باسم "حمى البرداء" والتي ذكرها شكسبير كثيرًا في شعره منتشرة حتى في لندن إلى منتصف القرن التاسع عشر. ولكن حالات المرض أصبحت أقل بكثير بعد تجفيف وادي التايمز الذي كان له أثر فعال. وأصبح المستوى الصحي في القرن التاسع عشر أعلى بكثير في معظم أنحاء أوربا وأمريكا الشمالية. وكان الفضل الأكبر في هذا يرجع إلى ارتفاع مستوى التعليم الذي أمكن بواسطته تطبيق نتائج ما اكتسبه بين الناس من الخبرة في إيجاد نظام منسق مستنير من الحياة بين الغالبية العظمى من السكان. ومنذ ذلك الوقت فإن الملاريا، والطاعون، والتيفوس، والدوسنتاريا، وهي أمراض كانت يومًا ما موجودة في جميع أنحاء العالم، لا تحدث الآن إلا نادرًا في بلاد المناطق المعتدلة.

ومع ذلك ففي المنطقة الاستوائية ما زالت تلك الأمراض تقتضي من الحياة ضرائب باهظة، وجعلت في وقت من الأوقات كثيرًا من المناطق غير صالحة لسكنى الرجل الأبيض. وكان النجاح الذي صادف الإنسان في كبح جماح هذه الأمراض وغيرها انتصارًا للدراسة العلمية. فمثلاً، بذل الباحثون جهودًا مشتركة في تتبع سير الملاريا، ووجدوا أنها ترجع إلى كائن حي دقيق يعيش في نوع معين من البعوض. وقد أثبتت الدراسات المجهرية الدقيقة أن هذا الكائن يدخل مرحلة من مراحل النمو في البعوضة، وأن عضة من البعوضة تنقل هذا الكائن إلى دم الإنسان، وهناك يدخل مرحلة نمو أخرى محدثًا بذلك أعراض الملاريا. وعلى ذلك فإن الكائن يعيش في البعوضة والرجل، ويمكن لكل منهما أن ينقل العدوى للآخر. ولذلك رؤى أن محاربة المرض تتلخص في وقاية الأفراد من لسعات البعوض، والقضاء على أمكنة توالده بتجفيف الأرض، واقتلاع الأدغال، وتنظيم فيضانات الأنهار قدر المستطاع. ولاقت مثل تلك الإجراءات نجاحًا تامًا في بناما، ومكنت المهندسين من

إنشاء القناة المشهورة. وكذلك توقفت الحمى الصفراء في كثير من أنحاء العالم. والحمى الصفراء التي يحملها البعوض مرض أكثر إماتة من الملاريا. ومن شأن السيطرة التامة على هذه الأمراض إضافة مساحات شاسعة أخرى إلى الرقعة المنزرعة، وجعل الحياة في المنطقة الاستوائية أقل تعرضًا للأخطار.

وإنها لحقيقة مشهورة أن بعض الناس يسعدهم الحظ فيهربون من المرض حتى ولو تعرضوا للعدوى. إنهم يقولون أن لديهم مناعة، وبدراسة مثل هذه المناعة، وبالدراسة التفصيلية للطرق التي قد تسبب مناعة للأفراد تقدم العلم بخطى واسعة خلال الخمسين سنة الأخيرة. وقد ربط العلم نفسه في هذا المجال بما تقوم به السلطات المشرفة على الصحة العامة، ووقى الناس من أمراض كثيرة.

وبدأت دراسة المناعة بعمل جينر في القرن الثامن عشر. ولكن الفضل يرجع بالفعل إلى باستير وكوخ في إرجاع كثير من الأمراض إلى الكائنات الحية. ولقد رأينا كيف أن باستير وجد أنه من الممكن زراعة بعض الكائنات الحية المسببة للأمراض، وبذلك يمكن جعلها أقل إماتة. وقد أبان تلامذة باستير أن المرض المعروف بالدفتريا يرجع إلى سموم، أو توكسينات، ناشئة عن كائن حي يعيش في حلق المرض. ووجدوا أن الجسم يحدث رد فعل بإنتاج مادة لها مفعول مضاد نسميها مضاد التوكسين. وقد هيأ تحضير مضادات التوكسينات هذه في المعمل للأطباء الوسيلة لعلاج الدفتريا، ولإعطاء مناعة ضد الإصابة بها.

ومن الممتع لنا أن نلاحظ كيف أن طرق باستير وكوخ قد اتبعت بحذافيرها في أنحاء كثيرة من العالم. وعلى ذلك فإن تلميذًا روسيًا لباستير

كان يعمل موظفًا في الحكومة البريطانية للهند وجد وسيلة لجعل الناس يكتسبون مناعة ضد الطاعون الذي كان يتهددهم، ونجح تلميذ ياباني لكوخ في تحضير (زرعة) تحدث مناعة للكائنات البشرية ضد التتيتانوس المميت. وأصبح هذا العلاج أمرًا رتيبًا بالنسبة لجرحى الحرب العالمية، وبذلك أنقذ حياة أناس لا حصر لهم. وقد ابتكرت طرق الوقاية ضد حمى التيفود بواسطة أحد الباحثين في باريس. وقد تضمنت مثل هذه الطرق جميعها دراسة مفصلة للكائن الحي وآثاره في الجسم البشري، مع إتقان للطرق المعملية التي تستعمل في اختيار المرض وإيقاف تقدمه وتحضير مواد تحصين مناسبة.

وهكذا قام النجاح الذي حوربت به كثير من الأمراض على الأبحاث المعملية في الكائنات الحية نفسها المسببة للأمراض. ولكن ما زال هناك الكثير من الأعمال التي يقتضي الأمر القيام بها. وعلى الرغم من تعرف كوخ على الكائن الحي، أو باسيل السل في تاريخ يرجع إلى ١٨٨٠، فقد فشلت الجهود التي بذلت لعلاج هذا المرض إلى الآن بواسطة مضادات التوكسين، أو بواسطة غيرها من الطرق المباشرة، وتدل الإحصاءات أن معدل الوفيات من السل أقل بدرجة كبيرة في جميع أنحاء أوربا الغربية والوسطى عما كانت عليه منذ خمسين عامًا. وهذه النتيجة الطيبة يجب أن تنسب إلى التحسينات العامة في علم الصحة وإلى ارتفاع مستوى المعيشة الذي نتج عنه إسكان أفضل، وتغذية أفضل. ومع ذلك فإن السل ما زال هو وباء الرجل الأبيض. وحيث أنه يصيب الناس في شبابهم المبكر، وفي طفولتهم، فإن إيجاد وسائل أفضل للسيطرة عليه تكون لها نتائج بعيدة المدى في جميع البلاد.

ومن المهم أن نتذكر كيف أن العمل العلمي في جميع المجالات يزداد ترابطًا بعضه ببعض بمرور الزمن. فمثلاً استطاع رجال الكيمياء العضوية

بتفكيرهم في حل لغز الجزئيات تكوين عدة صبغات. وقد وجد أن لهذه صلة خاصة بأنواع معينة من الخلايا، وأنواع معينة من الكائنات الحية. ومكن هذا الكشف كوخ من عزل جراثيم السل والكوليرا. وتلوين الكائن الحي بهذه الصبغة جعله يتميز تميزًا واضحًا عن السائل الذي عاش فيه طويلاً. ولم تمكن الصبغات الباحثين فحسب من رؤية الكائنات الحية، ولكن صبغات معينة، ومركبات أخرى استعملت للقضاء على الكائنات الحية الغازية دون إلحاق ضرر بالكائن الذي دخلت إلى جسمه. وبهذه الطريقة، وبعد محاولات كثيرة اكتشفت مركبات إذا حقنت في جسم الإنسان قضت على الكائنات الحية التي تتسبب في بعض الأمراض المخيفة.

ولقد عثرنا على كثير من الأمثلة كان القياس الدقيق فيها ذا أهمية لا تقدر في تقدم العلم. وقد مهدت وسائل القياس التي استخدمت لتقدير ما يقوم به جسم الإنسان من أعمال الطريق لعلاج كثير من الأمراض ونضرب مثلاً لذلك استعمال الأنسولين لعلاج مرض السكر. وقد اعتمدت طريقة العلاج على التحليل الدقيق لكمة السكر في الدم. ووجد أن هذه الكمية من السكر تتوقف على العمليات التي تجرى في العضو المعروف باسم البنكرياس. وقد أصبح في حيز الإمكان محاربة كثير من أنواع مرض السكر بين الكائنات البشرية بإعطاء المريض جرعة مستخلصة من خلايا بنكرياس الحيوانات.

وقد طبقت طرق القياس في المسائل الخاصة بالتغذية، وأدت إلى الإلمام بتلك المواد الغذائية التكميلية التي تسمى فيتامينات، والتي نقرأ عنها كثيرًا جدًا في صحفنا اليومية. وقد أبان الجراح البحري لايند في القرن الثامن عشر أن الصحة تعتمد على كميات صغيرة من أنواع معينة من الطعام. وقامت استنتاجات لايند على تجارب محددة. لقد عمل ترتيبه على وجوب إعطاء بعض المرضى المصابين بالإسقربوط برتقالاً وليمونًا ضمن غذائهم، أما

الآخرون فلا، ولكن يجب أن تكون الأحوال فيما عدا ذلك متشابهة ما أمكن. وقد اقتنع لايند بمثل هذه الطريقة من طرق الرقابة أن عصير الفواكه ذو أثر قوي في الوقاية من الإسقربوط. وفي أيامنا الحديثة أدت التجارب المحددة التي تشمل مدى واسعًا جدًا والتي تتم في أحوال تتسم بدقة لا تتيسر إلا في المعمل فقط إلى التعرف على الفيتامينات الجوهرية للصحة. وقد عزلت بعض هذه الفيتامينات وتحدد تركيبها.

وفي خلال الخمسين سنة الأخيرة أيضًا استعملت طرق القياس في تفسير الإحصاءات الطبية. ولقد رأينا كيف أن مجرد الاحتفاظ بسجلات للمواليد والوفيات والإصابات المرضية قد ساعد على ضمان تكوين مجتمع صحي. ومن المحتمل أن يساعد الفحص الرياضي للإحصاءات وعلى الأخص إحصاءات الأمراض الوبائية على تفهم بعض المشاكل المتعلقة بانتشار المرض. وعلى الرغم من محاربة كثير من الأمراض، وعلى الرغم من أن الناس في البلاد المعتدلة قد طال عمرهم، ويتمتعون بصحة أفضل عن ذي قبل، إلا أن الطبيب غالبًا ما يجد نفسه لا حول له ولا قوة حينما تواجهه آلام البشر. والحق أن الإنجازات الحديثة في الطب كغيرها في فروع أخرى من المعرفة تبين لنا أن هناك آفاقًا واسعة باقية إلى الآن مازالت في حاجة لأن ترتاد.

الفصل الثاني عشر

مفهوم.. النشوء والارتقاء

١- الحياة في العصور الغابرة

بينما كان باستير يتابع في هدوء أبحاثه الأولى في حموضة الخمر، وفي الأمراض التي تصيب دود القز كان رجال العلم في العالم في حمى من الهياج ناتجة عن نشر تشارلز دارون (١٨٠٩- ١٨٨٢) كتابه في أصل الأنواع عام ١٨٥٩. لقد كانت الأفكار الجديدة قد أخذت تتجمع من سنين، وأخذت تشغل بال كثير من الناس قبل أن تظهر النظرية على بساط النقاش العام.

ولقد بدأت المتاعب عندئذ، وأخذ أولئك الناس الذين ليس لديهم أبسط فكرة عن طبيعة البحث العلمي يستنفدون عواطفهم عبثًا في استنكار النظرية دون أن تكون لديهم أي فكرة إطلاقًا عن معناها. وقد نشأت الأفكار الجديدة نتيجة دراسات كثيرة من كائنات حية، قامت بدرجة كبيرة على ما تم من كشوف عن الحياة في العصور الغابرة. لقد أخذ خيال الناس يسرح أجيالاً مذبذبة دون ضابط فيما يختص بنشأة الأرض وما عليها، وفيما يختص بتاريخها القديم. ومع ذلك فإنهم لم يبدءوا في الدراسة المنظمة وتجميع الأدلة حتى السنين الختامية للقرن الثامن عشر. وقد كشفت بعد ذلك الاستنتاجات التي تميزت بالألمعية عمر الأرض العظيم المدى أولاً، ثم شيئًا عن تاريخها، ثم حقائق عن سكانها السابقين.

وأبانت الدراسات التي أجريت في الصخور والمحاجر أن الأرض تتكون أحيانًا من سلسلة طبقات مستوية تعلو بعضها بعضًا وأحيانًا- كما في الجهات الجبلية خاصة - من طبقات غير مستوية تبدو كأنها مدفوعة من أسفل إلى أعلى. وتكون الطبقات المستوية ما نسميه بالصخور الرسوبية التي وصفت وصفًا منظمًا لأول مرة بواسطة عالم مساحة إنجليزي ظهر في أواخر القرن الثامن عشر، ألا وهو وليام سميث (١٧٦٩- ١٨٣٩). الذي يعرف أحيانًا باسم "أب الجيولوجيا الإنجليزية". وقد جاب سميث أرجاء البلاد كثيرًا، وكان يلاحظ أن طبقات الصخور الرسوبية كانت تتبع نفس النظام، ولاحظ أنها لا تتميز فقط بالمادة التي تتكون منها كالحجر الطباشيري أو الحجر الرملي، ولكنها أيضًا تتميز بوجود بقايا من الحياة النباتية والحيوانية، وهذه البقايا هي ما نعرفها باسم الحفريات. وحينما كانت تستخرج قطع صغيرة من الصخر مطبوع عليها رسوم السرخس، أو المحار وقتًا ما أثناء الحفائر، كان الناس يظنون أنها مجرد تحف، ولكن بعد أن تبين أنها تنتمي إلى طبقات صخر منتظمة اتضح للناس على مهل أنه لا بد أن يكون للحفائر معنى أعمق.

وفي أثناء ذلك وضعت الدراسات التي قام بها باحثون سابقون من أمثال جيمس هتون (١٧٢٦- ٩٧) الأسس لنظريات بناءة([1]) وكان هتون متيقنًا أن التقديرات التي تحدث بتآكل الأرض بواسطة الأنهار، وبتكوين أرض جديدة بواسطة تراكم رواسب جديدة كانت تدل على أن الصخور الحالية التي يتكون منها سطح الأرض قد تكونت جزئيًا من صخور أقدم منها، وأن الأرض

([1]) من أمثلة ذلك الرسالة التي قدمت للجمعية الملكية في أدنبره عام ١٧٨٥ وعنوانها: نظرية الأرض أو بحث القوانين المشاهدة في تكوين وانحلال، واستعادة الأراضي على سطح الكرة الأرضية.

مازالت تتخذ أشكالاً جديدة[1] وأدرك هو وأتباعه أن الطبقات السفلى من الصخور الرسوبية لا بد أنها تكونت قبل الطبقات التي تعلوها. ونتيجة لذلك تكون الطبقات السفلى أقدم، وتكون الطبقات مرتبة حسب أعمارها. ولكن هذه الطبقات وجد أنها تحتوي حفريات، ولذلك تيسرت الوسيلة لمعرفة أية حفرية كانت أقدم من الأخرى.

وفي أوائل القرن التاسع عشر يسرت دراسة الحفريات دراسة أدق حلولاً كثيرة لما انطوى عليه الماضي من مسائل استعصت على الأفهام. لقد وجدت حفريات الكائنات البحرية في أماكن عالية بين التلال، ووجدت بقايا الكائنات المحبة للماء مدفونة تحت رمال الصحراء، وكانت مثل تلك الحقائق تشير إلى حدوث تغيرات عظيمة في الكتل الأرضية والبحرية قبل تدوين التاريخ بأحقاب سحيقة. وكذلك فقد أشارت بقايا حيوانات الرنة والدببة التي وجدت في المناطق المعتدلة من أوربا إلى جو أبرد بكثير ساد هذه الأصقاع ذات مرة. وبما أنه من المعروف أن درجة حرارة الشتاء والصيف تختلف في حدود ثابتة نوعًا، فقد استنتج بحق أن المناخ البارد كان ينتمي لحقبة سحيقة، وأنه لا بد أن تكون الأرض أطول عمرًا مما ظنه الناس يومًا ما. وقد بذلت محاولات عديدة لحساب عمر الأرض من السرعة التي تكونت بها الطبقات الجديدة، وكانت كل التقديرات التي نتجت عن هذا كبيرة جدًا[2].

---

(1) إن أجازة يقضيها الإنسان متجولاً حول أجزاء من الساحل الإنجليزي لكافية لإقناع كل ذي عينين أن يرى البحر في بعض النواحي يجرف الأرض بسرعة مزعجة وأنه في نواحي أخرى تبنى الرواسب البحرية والنهرية المزيد من الأرض باستمرار. فمثلاً يكتسح ماء البحر الساحل بالقرب من لوستوفت أما الأرض بجوار ديجينيس فإنها تمتد تدريجيًا داخل البحر.

(2) إن أحسن دليل لدينا إلى الآن هو الدليل المستقى من الصخور المحتوية على مواد إشعاعية، إذ أن العناصر المشعة مثل الراديوم، واليورانيوم، تقذف باستمرار بجسيمات، وتتحول إلى شيء آخر بهذه العملية. وآخر نتاج لهذه المواد جميعها هو الرصاص. وذرات الرصاص ثابتة ولا تنفلق بعد ذلك. وفي استطاعة علماء الفيزياء في المعمل وزن الرصاص الناتج عن وزن معين من اليورانيوم في وقت معين. إذن فلو وجدت نسبة الرصاص في معدن محتوي على يورانيوم بالتحليل الكيماوي مع افتراضنا أن معدل التغيير واحد خلال العصور كلها. ففي إمكاننا تقدير طول الوقت الذي يكون فيه هذا الرصاص، وتقدير عمر المعدن على الأقل تبعًا لذلك. وقد قدر عمر بعض الصخور بمقدار ١٢٠٠ مليون سنة على الأقل.

وأخذ الناس تدريجيًا يفكرون في الأمور على أساس مقاييس زمنية واسعة المدى، وأصبحوا مستعدين لتفسيرات أخرى للحفريات. وعلى ذلك فعند فحصهم لأقدم أنواع الصخور لم يجدوا أثر لأية كائنات ذات عمود فقري. ووجدوا حفريات زواحف في الصخور الأقل عمرًا، ولم يجدوا حفريات تدل على تكوينات تشبه تكوين الحيوانات الثديية المعروفة إلا في الصخور الجديدة نسبيًا. وقد أبان هذا بوضوح أنه أتى على الأرض حين من الدهر لم تكن هناك فيه كائنات فقارية كالطيور، أو الأسماك، أو الحيوانات ذات الفراء، أو الناس.

وقد كشفت دراسات مضنية عن سلسلة كاملة من الصخور الرسوبية، كل طبقة بحفرياتها الخاصة. وعندما فحصت هذه رؤى أنها تدل على تطور منظم، ووجد أن حفريات الطبقات الأكبر عمرًا أبسط من حفريات الطبقة التي تعلوها. ودلت أوجه التشابه الوثيقة بين الحفريات على أنها لنفس الكائن. وقد تغيرت هذه الصور ببطء خلال أجيال لا حصر لها أثناء أحقاب طويلة من الزمن. وكانت في كل مرحلة تصبح أكثر تعقيدًا بقليل.

ولقد لخصت المعلومات التي وجدت عندئذ عن تاريخ الأرض وعن تاريخ سكانها في العصور الماضية في مؤلف قيم لتشارلز ليل (١٧٩٧-١٨٧٥) عنوانه مبادئ الجيولوجيا نشر عام ١٨٣٠. وقد طبع هذا الكتاب عدة طبعات، وكان له أثر عظيم في كل من إنجلترا والقارة. لقد شرح ليل طرق علماء الطبيعة الفرنسيين العظام[1] الذين فحصوا أنواعًا كثيرة من الحفريات بدقة بلغت درجة أدت بهم، كما قال، إلى أن يفكروا أن الأرض كانت في عصور متتالية موطن نباتات وحيوانات ذات أجناس مختلفة. وقد

(1) لامارك (١٧٤٤- ١٨٢٩)، كيفيير (١٧٦٩- ١٨٣٢) سانت هيلير (١٧٧٢- ١٨٤٤).

أبان ليل أنه بإطلاق نفس الاسم على حيوانات الحفريات وضرائبها الحية، أصبح الناس متقبلين لوحدة الطبيعة في العصور المختلفة. وقد اعتبر هو نفسه أن الحفريات تمدنا بموجز لتاريخ العالم يمكن قراءته كسجل في كتاب. وقال أن المذكرات القديمة للطبيعة قد كتبت بلغة حية.

وكان خيال رجال الفكر قبل ذلك قد صار أكثر نشاطًا. وأدرك كثير من معاصري ليل بشكل غير متضح فكرة تسلسل الحياة بشكل متصل خلال العصور. حان الوقت حينذاك للتعبير عن هذه الفكرة بالتعليم العظيم الذي قدمته نظرية النشوء والارتقاء.

٢- مفهوم التطور

هناك اتفاق عام بين رجال الفكر اليوم على أن الكائنات الحية التي نراها حولنا نشأت من أجداد أبسط منها، وأن أشجارنا ونباتاتنا العادية أيضًا نشأت بدورها من أنواع أبسط منها بعملية تغير تدريجي، وبمعنى آخر هناك إيمان بما يسمى تطور. وبما أنه لا يمكن أن يكون هناك شك في التطور لدى أي إنسان يكلف نفسه مشقة التفكير إلا أن هناك قدرًا كبيرًا من الشك في كيفية حدوث مثل هذا التطور، وكيف مازال يأخذ مجراه. دعنا أولاً نلقي نظرة سريعة على بعض الأدلة التي تشير إلى حقيقة التطور.

لننظر أولاً إلى الصخور.. إن الأدلة التي تجمعت أثناء النصف الأول من القرن التاسع عشر قد اتسع مداها اتساعًا هائلاً منذ ذلك الوقت، ولكنها قد أبانت دائمًا تعقيدًا متزايدًا في الحفريات من الصخور القديمة للصخور الأحدث منها. ولا حاجة لنا في القول أنه من الضروري التحلي بقدر كبير من الصبر في البحث عن وجود سلسلة منتظمة، ولكن حينما تكتمل الأدلة فإنها

تشير إلى القول بأن الحياة نشأت في كل مرحلة من مراحل التطور من حياة سبقتها.

والمجموعة الثانية العظيمة من البراهين مصدرها دراسات الكائنات الحية الآن؛ فإذا نظرنا إلى هياكل كل من ساعد الإنسان، وجناح الطائر، وذيل الحوت، والساق الأمامية للغزال أو الجواد أو البقرة نجد أن تركيبها واحد في أساسه؛ ففي كل حالة منها عظمة واحدة، المفصل، يتبعها عظمتان، وبعد ذلك مفصل أكثر تعقيدًا (المعصم) الذي تتفرع منه عظام (الأصابع). وللخفاش مثلاً أربعة أصابع طويلة جدًا يقوم عليها جناحه كهيكل المظلة، وإبهامه مخلب قصير. وللغزال إصبعان في كلا الجانبين، ولا إبهام له. وكذلك نجد بفحصنا كائنات فقارية أخرى أنها تسير على نفس المنوال مع اختلافات فردية. وبنفس الطريقة يتبين علماء النبات تشابهًا في تركيب العائلات النباتية.

وهناك مصدر عظيم ثالث لإقامة البرهان على هذا، هو وجود أطراف وأعضاء لا فائدة منها لحيوانات تعيش الآن، لم يكن هناك داع لأن تزود بها لو أن كلاً منها قد خلق بمفرده. فللحوت مثلاً بقايا هيكلية لرجل خلفية، رجل أثرية كما يقول علماء الحيوان. وهذا يبين أن الحوت سليل حيوان بري كان في حاجة إلى أربعة أرجل. وكذلك فلبعض الحيات أرجل أثرية بمخلب بارز من الجلد تدل على تناسل من حيوان زاحف ذي أربعة أرجل كان يعيش في الماء واليابس.

وعلاوة على ذلك فإذا فحصنا تطور الكائنات قبل ولادتها، أي الأجنة، فإننا نرى أن أجنة الكائنات التي تختلف اختلافًا بينًا في مرحلة المراهقة تتشابه تشابهًا ملحوظًا في المراحل الأولى من حياتها. وكذلك فعند فحصنا

لجنين كائن معين، ومقارنة مظهر الأجنة في أطوار نموها المختلفة، فإنه يبدو أن هذه التغيرات تتفق مع تلك التغيرات التي لا بد أن أجداده قد مرت خلالها في عصور سحيقة. ويمكن مشاهدة مثل تلك التغيرات في السمك بعد فقسه من البيض. فمثلاً يسبح سمك التيربوت([1]) الكبير منبطحًا بالقرب من قاع المحيط، وتوجد عيناه في جانب واحد من رأسه. ومع ذلك فإن التيربوت في أثناء تطوره بعد خروجه من البيضة يبدأ بعين واحدة في كل من جانبي رأسه كمعظم الأسماك التي تحترم نفسها وتسبح منتصبة، ومع ذلك فإن موضع العينين يتغير تدريجيًا بنسبة تغير موضع الرأس. وعلى الرغم من ذلك فإن السمكة غير الناضجة تواصل السباحة منتصبة. ومع ذلك تصبح العينان في الطور الأخير في جانب واحد من الرأس، وتقضي حياتها منبطحة بالقرب من قاع المحيط تبحث عن سمك تستطيع ابتلاعه. ومن الممكن ذكر أمثلة أخرى كثيرة. ويبدو كما لو أن الكائن المتطور قد تذكر تاريخ أسلافه الماضي، وأنه يمر في حياته القصيرة قبل اكتمال نضوجه خلال تاريخه مرة ثانية، على الرغم من أنه لا يستفيد في النهاية أي فائدة من بعض المراحل التي يبدو أنه مصر على تكرارها.

وقد أبنا نوع الحجج التي تؤدي إلى النتيجة التي تتلخص في أن الجماهير الغفيرة لأنواع الكائنات الحية التي نراها اليوم لم تخلق كلها على انفراد، ولكنها تطورت عن أنواع مماثلة. وتمكننا نظرية التطور مثلها مثل كل نظرية صحيحة أخرى أن نربط سويًا بين كثير من الحقائق التي استمدت من المشاهدة، وأن نبسط أفكارنا. وبدون نظرية التطور فإننا نضل طريقنا بين أصناف الكائنات الحية التي تحير الألباب، دون أن نلم بأي تفسير معقول

([1]) التيربوت سمك أوربي مفلطح (المترجم)

لكيفية انتساب مخلوق لغيره من المخلوقات، ودون أن نجد وسيلة لتفسير الحفريات، ودون أي تفسير معقول للبقايا الأثرة أو أوجه التشابه التكوينية، أو ما يبدو في نمو الجنين من التلخيص الموجز للتاريخ.

ولقد ذكرنا حتى الآن الخطوط الرئيسية للأدلة التي تؤدي بنا إلى قبول حقيقة التطور. هيا بنا الآن نذكر بإيجاز تام بعض الحجج التي قدمت لتفسير كيفية حدوث هذا التطور. إن هذا يؤدي بنا إلى أبحاث دارون. ففي كتابه الرئيسي وعنوانه الكامل: بحث في أصل الأنواع بواسطة الانتخاب الطبيعي أو بقاء الأجناس الصالحة في الكفاح من أجل الحياة: سجل دارون قدرًا هائلاً من المشاهدات رابطًا بعضها ببعض. وكان بعضها نتيجة بحث استغرق أعوامًا في قارات بعيدة، وبين جزر لم تطأها قدم إنسان. وقام بالبعض الآخر علماء طبيعيون في بلاد مختلفة تضمنت أبحاثهم دراسات الكائنات البرية وكذلك النباتات المستأنسة. وهكذا بتجميعه قدرًا هائلاً من المشاهدات، فحص دارون الأدلة التي اعتبر أنها ألقت بعض الضوء على ما قد ظل مدة طويلة لغزًا غير قابل للحل، ألا وهو أصل أنواع الأشياء الحية الكثيرة المتباينة.

٣- نظرية الانتخاب الطبيعي

إن المجال الشاسع للحياة الذي تفتح أمام أعين دارون أراه الطريقة المدهشة التي تتلاءم بها الحيوانات والنباتات مع طريقتها الخاصة في الحياة. ورأى أن الاختلافات في التكوين واللون والعادات تمكن الكائنات الحية من ملائمة نفسها مع بيئتها. ورأى دارون كغيره من الباحثين كيف أن أمثال تلك الملائمات تجعل في إمكان الحيوانات تفادي اكتشاف أعدائها المتربصة بها. ورأى أن كثيرًا من الأزهار بسبب ذات تكوينها تسهل عملية الإخصاب

التهجيني، وبذلك تضمن تهجين أصناف نفس النوع بعضها لبعض. وعلاوة على أن مثل تلك الملائمات أحيانًا ما تحمي أفراد الكائن الحي، في تضمن زيادة على ذلك بقاء النوع بوجه خاص. وقد ذكر كثير من المؤلفين قبل الزمن الذي ظهر فيه دارون مثل هذه الحقائق على أنها دليل على وجود غرض وراء أوجه نشاط الطبيعة كلها. ومع ذلك سعى دارون إلى أن يبين أن مثل تلك الملائمات مع بعض المميزات الأخرى للكائنات الحية يمكن تعليلها بشكل مرضي بواسطة أسباب طبيعية.

وقد وجه دارون اهتمامه إلى الأصناف التي لا حصر لها بين الأنواع العديدة للأشياء الحية، ورأى أن التنويع بين النوع الواحد أحيانًا ما يرجع إلى التدخل المتعمد من الإنسان، كتربية أنواع معينة من الكلاب مثلاً. وأدرك أن الجهود التي يبذلها زارعو الحدائق لإنتاج زهور وفواكه خاصة كان ينتج عنها قدر كبير من التنوع. إنه رأى في الحقيقة أن الاستئناس جميعه كاستئناس الحيوانات البرية، أو زراعة نباتات الأسجية مثل الورد البري والتفاح المر تنشئ أصنافًا جديدة بين نفس النوع.

ولاحظ دارون زيادة على ذلك تباينات في النوع الواحد حتى حينما لا يكون هناك تدخل من قبل الإنسان. وظن أن التغيرات في النوع الواحد التي تركت هكذا لتتوالد قد تكون راجعة إلى انتقال مميزات معينة من جيل إلى الجيل الذي يليه. وتخيل أن عدم استعمال بعض الأعضاء أو الأطراف، أو من جهة أخرى استعمالها المفرط قد يترك أثره بكيفية ما على النوع. ولكنه أدرك أن مثل هذه التغيرات تحدث ببطء شديد، ربما بدرجة لا تسمح بأية ملاحظة مباشرة حتى في حالة الكائنات التي تتناسل بسرعة. ولم يغب إطلاقًا عن بال دارون إمكان توارث مثل تلك الصفات المكتسبة. وقد خصص الفصل الأول

من كتابه العظيم لمناقشة هذه المسألة ذاتها. ومع ذلك فقد رأى أن هناك سببًا أقوى للتطور يرجع إلى ما يسمى بالانتخاب الطبيعي.

وتنقسم الحجج التي تدعم نظرية دارون العظيمة إلى ثلاثة أقسام. أولها أن للكائنات الحية جميعها قوى تزايد هائلة، فقد ينتج نبات ألف بذرة في العام، وترينا حسبة بسيطة أنه لو وصلت كل تلك البذور إلى دور النضوج واستمر إنتاجها بنفس السرعة، فإن الأرض سرعان ما تزخر بها. وكذلك حتى في حالة تناسل زوج واحد من حيوان بطيء النسل مثل الفيل، فإن هذا النسل، كما أبان دارون، قد يملأ الأرض بمرور الوقت. أما في حالة الكائنات الحية التي تتكاثر بسرعة مثل البكتيريا وبعض صور الحياة الدنيئة الأخرى، فإن الأرض تمتلئ بها في أسابيع قليلة إذا بقي كل فرد من ذريتها وتناسل.

ولكننا نعرف أن الضخامة التي تتجدد بها الحياة تقابلها ظروف مضادة تؤثر في الكائنات الحية التي لم يتم نضوجها، ولذلك فما يبقى منها فقط على قيد الحياة إنما هو القليل جدًا. فمن البيض الذي لا حصر له الذي تضعه سمكة سالمون واحدة في موسم بيضها لا يلقح إلا القليل فحسب، وكذلك فإن الذي يصل إلى مرحلة البلوغ أقل من ذلك بكثير. كم من البذور التي تحملها الريح تثبت في الأرض وتنمو؟ كم من الكرون([1]) يصير شجر بلوط؟

وعلى ذلك فعلى الرغم من قوة التزايد الهائلة في الطبيعة الحية، فإن أعداد النباتات والحيوانات يبقى ثابتًا تقريبًا من سنة لأخرى. واستنتج دارون أن هذا ناتج من المنافسة الحادة بين الكائنات الحية لنفس النوع، بالإضافة إلى عدم قدرة الكائنات غير الناضجة على العيش في ظروف غير مناسبة.

([1]) الكرن كلمة معربة معناها ثمرة البلوط (المترجم)

وعلى ذلك تحدث دارون عن تنازع البقاء الذي يوجد في جميع أنحاء الطبيعة الحية. ولم يستعمل هذا التعبير فقط بمعناه الحرفي كما في حالة حيوانين يتنازعان للحصول على الطعام أو حالة نباتات تنمو لصق بعضها البعض، وتستلب الغذاء والضوء من بعضها. لقد استعملته أيضًا بمعنى مجازي ليدل على التفاعل الذي يحدث بين كائن حي وأي من الظروف التي تعتمد حياته عليها. وعلى ذلك فإنه صور ظروف النبات الذي ينمو بجوار الصحراء، معتمدًا بذلك في ذات حياته على الرطوبة، كنوع من التنازع ضد الأحوال المناخية.

وفكرة تنازع البقاء هذه هي الحجة الثانية من حجج دارون الرئيسية، وتؤدي بنا إلى الحجة الثالثة المتعلقة بالتباينات داخل النوع. لقد رأى دارون أنه حينما تتميز الكائنات الحية بمثل هذا التنازع من أجل العيش، فإن أية تغييرات بسيطة في التكوين أو الحالة المعيشية تكون ذات فائدة لأي كائن حي تهيئ له فرصة أحسن للبقاء، على الرغم من خصوبة تناسل هذه الكائنات الحية. إذن فإذا زاد عدد الحيوانات التي تبقى على قيد الحياة نتيجة لتميزها ببعض من هذه التغيرات الملائمة، فمن الطبيعي أن يتزايد عدد تلك التي تندر من تلك الحيوانات التي لا تتميز بهذه التغيرات. لذلك تأخذ الحيوانات التي تتميز بالتغيرات الملائمة تشغل بالتدريج نسبة أكبر وأكبر من العدد الكلي لهذا النوع الخاص.

ويقول دارون:

وينتج عن ذلك أنه إذا تغير أي مخلوق ولو بدرجة بسيطة بأية كيفية مفيدة له تحت ظروف حياة معقدة متغيرة أحيانًا، يكون أمامه فرصة أحسن

للبقاء. ولذلك ينتخب انتخابًا طبيعيًا. ويميل أي صنف منتخب طبقًا لقانون الوراثة الوطيدة إلى الإكثار من نوعه المعدل.

ويتبين من هذه الكلمات بأن ما يسميه الانتخاب الطبيعي ما هو في الحقيقة إلا الاحتفاظ بتغيرات ملائمة. وبقاء الأفراد التي تتميز بهذه التغيرات الخاصة معناه أنها تنتج على العموم عددًا أكبر من الذرية، يتميز بعضها بهذه التغيرات كذلك. وعلى ذلك يبقى النوع الخاص على قيد الحياة حتى هلاك أفراد جنسه. ويضرب لنا أمثلة كثيرة لأثر الانتخاب الطبيعي، نقتبس منها ما يلي:—

"هيا بنا نأخذ حالة ذئب ينقض على حيوانات عدة، يقتنص بعضها بالدهاء، وبعضها بالقوة، وبعضها بالسرعة، ودعنا نفترض أن أسرع فريسة – الغزال مثلاً – قد زادت من أعدادها نتيجة لأي تغير في الإقليم، أو أن الفرائس الأخرى قد نقصت أعدادها، أثناء ذلك الفصل من السنة الذي يكون فيه مسيس الحاجة إلى الطعام. إن في استطاعتي في مثل تلك الظروف أن أرى ألا داعي للشك في أن أسرع الذئاب وأرشقها ستتهيأ له أحسن فرصة للبقاء. ولذلك يحتفظ به وينتخب".

وإذا كان لمثل هذا الانتخاب تأثير على الأجيال المستقبلية من الذئاب، فعلينا أن نفترض انتقال صفات خاصة بطريقة ما إلى الذرية. وكما يقول دارون:—

"إذا استفاد أي ذئب من تغيير فطري في عادته أو تكوينه تهيأت له أحسن الفرص للبقاء وأنسال ذرية. ومن المحتمل أن يرث بعض صغاره نفس

العادات أو التكوين. وقد يتكون صنف جديد بتكرار هذه العملية، وهذا الصنف إنا أن يحل محل نوع الذئب الأب، أو يتعايش معه".

وعلى ذلك فمن الملاحظ أن دارون تعرف على سببين من أسباب التطور وهما (١) توارث الصفات المكتسبة بواسطة الجدود (٢) الانتخاب الطبيعي. وقد أكد دارون أهمية السبب الثاني من هذه الأسباب. وكان تفسيره لعملية النشوء، والارتقاء بواسطة الانتخاب الطبيعي قمة انتصاره فيما قام به من أعمال. ولقد ذكرنا مجملاً موجزًا لنظريته، وقد جعلت قلة الحيز من المستحيل تبيان مدى دراسته. إن على كل إنسان أن يطلع نفسه على كتابه "أصل الأنواع".

وإنه ليكفينا في هذا المجمل أن نعترف بعمل هذا الرجل العظيم الذي أوجد لأول مرة نظرية معقولة لتطور الأنواع. وأول الأفكار التي تربط نظرية دارون بعضها ببعض هي فكرة وحدة الحياة، والروابط الخفية التي بين صور الحياة المختلفة وأثرها على بعضها البعض، وما الإنسان نفسه إلا أحد بقية الخلق. وثانيًا هناك فكرة استجابة الكائنات الحية للتغيرات الخارجية. وعلى هذا فإن الاختلافات في المناخ، ونقص مواد الغذاء العادية، والهجمات التي يشنها أعداء غير متوقعين، كل هذه تستدعي تنازعًا. وإذا لم ينتصر الكائن الحي فإنه يخرج من سياق الحياة. وثالثًا فكرة مدى التلاؤم الذي تبديه الكائنات الحية والطريقة التي يبدو أن تستفيد بها من الخبرة. وكذلك فهناك فكرة التطور التي ما زلنا نراها حولنا تأخذ مجراها حتى أن جهود واستجابات الكائنات الحية في أيامنا هذه، وما ينتج عن ذلك من تلاؤمها سيكون له تأثير على خلفائها في العصور القادمة.

٤- الوراثة

ترتبط فكرة التطوير ارتباطًا وثيقًا بفكرة الوراثة. وكان دارون أول من حاول معالجة هذه المشكلة علميًا. ونحن نعلم جميعًا أن الأطفال يشبهون آباءهم، ونعرف عمومًا أن كلاً يولد على شاكلته ويرجع الفضل في أول دراسة عملية للوراثة إلى أسقف غير نابه يدعى ج. ج. مندل (١٨٢٢- ٨٤) كان يعيش في المدينة الموارفية القديمة بيرن التي تنتمي الآن إلى تشيكوسلوفاكيا. ولم يحظ مؤلفه الذي طبعه سنة ١٨٦٥ باهتمام العلماء في العالم حتى بدأ القرن الحالي.

لقد احتفظ مندل بسجلات دقيقة للصفات المتوارثة لنباتات معينة وأوجد قوانين عديدة محددة للوراثة. إنه اعتبر أن كل ميزة كالطول والقصر إنما ترجع لعامل محدد. وحينما يحصل تهجين بين نباتين ينتج عنه أرومة جديدة فإن من رأيه في هذه الحالة أن الخلية الجديدة المنقسمة تنشأ عن نوع من إعادة امتزاج العوامل المشتقة من الخلايا الأب. ومن بين التجارب التي قام بهام مندل في حديقة ديره أبحاث في تأثير تهجين أصناف مختلفة من البسلة العادية. لقد اختار نباتات تختلف في إحدى الميزات الواضحة كالطول. وبتهجين بسلة طويلة وبسلة قصيرة، وجد أن الهجائن الناتجة طويلة كلها. ولكن حينما لقحت هذه الهجائن نفسها ظهرت بسلة قصيرة في الجيل الثاني.

وتتضح هذه الحالة بشكل أبسط نوعًا لو تدبرنا تهجين زهرة حمراء وزهرة بيضاء من نفس النوع – زهرة الأنتربنهم مثلاً. ويجعل مثل هذه الأزهار يلقح بعضها بعضًا فإن البذور الناتجة تنشأ عنها أزهار وردية اللون فحسب.

وعلى ذلك فعلى الرغم من أن الصفات الحمراء والبيضاء تمتزج سويًا في الجيل الأول، فإن الصفات النقية للأجداد تعود إلى الظهور في الجيل الثاني.

وقد أدت مثل هذه التجارب بمندل إلى قانون بسيط جدًا يمكن ذكره فيما يلي:

إذا تزاوج فردان لهما زوج من الصفات المتضادة النقية، فإن الصفات الأصلية تنعزل في الجيل الثاني. ووجد مندل بعد دراسة دقيقة لمثل هذه الأجيال الثانية في عدد كبير جدًا من الحالات أن الأفراد التي تولد منها النوع النقي احتفظت بنقاوتها في التوالد. ومن جهة أخرى وجد أن الهجائن نشأ عنها بعض أفراد محتفظة بصفاتها النقية، كما نشأت عنها هجائن أخرى. ولم يجد في أية حالة من الحالات هجينًا تناسل تناسلاً نقيًا.

وفسر مندل مثل هذه النتائج بافتراضه أن هناك وحدات معينة تتحكم في الطول أو اللون أو أية ميزة بارزة أخرى يتضح أنها وراثية. وافترض أن هذه الوحدات التي نسميها الآن جينًا تحتفظ باستقلالها الذاتي في الهجائن، حتى ولو أنه يبدو أنه قد قضى عليها أو أنها توارت على الأقل. وليس من السهل في حالات كثيرة التمييز بين ما هو هجين وما هو فيه نقي النسب. وفي تلك الحالات يسمى الجين الخاص الذي يجعل الهجين يظهر كأنه نقي السلالة الجين السائد. أما الجين المطمور فيدعى بالجين المتنحي. ومع ذلك فإن الجين المتنحي يحتفظ بشخصيته ويظهر نفسه في جيل تال. فمثلاً يوجد بين الكائنات البشرية نوع وراثي من الصمم يؤدي إلى الحالة المحزنة المعروفة بحالة الصمم الأبكم. وقد يكون الجين المتحكم في هذه الصفة جينًا متنحيًا، وفي مثل هذه الحالة يبدو الشخص عاديًا، على الرغم من أنه قد يكون هجينًا

بالفعل. ولو أن ذكرًا أو أنثى من هذا القبيل تزوج أو تزوجت من شخص عادي تمامًا فإن كل أطفالهما يبدون عاديين. إن بعضهم سيكون هجينًا حقًا، أم الآخرون فسيكون لديهم الجين المتنحي للصمم الأبكم مثل أحد والديهما. ولكن إذا تزوج اثنان لديهما هذا الجين المتنحي، فستكون هناك فرصة فعلية لأن يصاب بعض ذريتهم بالصمم المصحوب بالبكم.

لقد ناقشنا حتى الآن تلك الحالات النادرة نوعًا من تزاوج أفراد تختلف عن بعضها في صفة موروثة فقط. ومع ذلك ففي جميع الحالات تقريبًا نواجه بتزاوجات يختلف فيها الزوجان عن بعضهما البعض حيوانًا كانا أم نباتًا في أكثر من ناحية واحدة. وقد أدى بحث مندل لمثل هذه التهجينات المعقدة إلى القانون التالي: إذا تزاوج فردان لهما أكثر من زوج من الصفات المتضادة، فإن كل زوج من هذه الصفات يورث بعد الجيل الأول مستقلاً عن غيره من بقية الصفات. وقد أيدت التجارب التي أجريت في القرن الحالي قانوني مندل اللذين قامت عليهما البحوث الحديثة الكثيرة في الوراثة. وقد جمع البحث الحديث بين الفحص المجهري للخلايا وبين الأبحاث التي تجرى في الوراثة، ووجد علماء الأحياء اليوم أن المعلومات المستقاة من عمليات الإخصاب تزيد من وجهة النظر الطبيعية المبادئ الأساسية لقوانين مندل.

٥- بعض نتائج نظريات دارون ومندل

بعد إعادة اكتشاف قوانين مندل عند بدء القرن الحالي بذلت محاولات كثيرة لتطبيق هذه المبادئ على المسائل العلمية في تربية النبات والحيوان وعلى ذلك فقد تتصف سلالة معينة من حيوان أو نبات بميزة حميدة

واحدة تكون غير موجودة في بعض السلالات الأخرى التي هي من نواح أخرى ذات نوع جيد. ولذلك يهجن المربي المعملي مهتديًا بمبادئ مندل سلالتين لإحداهما الصفة الخاصة التي يريدها، وهو يعلم أن نتائج التزاوج الأول ستكون هجينًا. ولكن بانتخاب أفراد من الجيل الثاني وما يليه، يمكنه إيجاد سلالة تتصف بالصفة الخاصة لسلالة أصلية بالإضافة إلى الصفات الحميدة للسلالة الأخرى الأولى. وقد طبقت مثل هذه الطرق بنجاح في تربية أصناف خاصة من القمح والبطاطس وقصب السكر.

إن تربية النبات والحيوان جرت قرونًا طبقًا لطرق مبنية على التجربة والخبرة. وكان يزرع القمح والحبوب الأخرى من الأصناف البرية، وكانت تربى الماشية والأغنام طبقًا لميزات كانت أكثر ما تكون ظهورًا في أجدادها البرية مثل الحجم ونوع الصوف. ولكن مندل هو أول من أبان كيف أنه بتركيز عنايتنا على زوج ذي صفات متضادة، يمكننا الحصول على نتائج ممكن التنبؤ بها طبقًا لقوانين عديدة محددة. وطبقًا لما قام به مندل نجد أنه قد أصبح من الثابت أن مثل تلك الصفات الموروثة، الجينات توجد على الأجسام الخيطية المسماة بالصبغيات في نواة الخلية. وعلاوة على ذلك فقد أبان علماء الأحياء أن الصبغيات تتميز عن بعضها البعض في العدد والشكل. وتوجد الصبغيات في خلايا الجسم العادي في أزواج، ولكن الجاميطات (الأمشاج) – أي تلك الخلايا التي لها دور في التكاثر الجنسي– تحتوي فقط على صفة ممثلة لكل زوج من الصبغيات. وعلى ذلك فإن كل جاميطة تحمل مجموعة كاملة من الجينات تتمثل فيها كل الظواهر الوراثية للذرية. وعندما يتم الإخصاب فإن اتحاد الأمشاج ينتج عنه عودة الازدواج الصبغي. وبهذه الطريقة فإن الصفات المميزة للذرية تنتج عن اندماج جينات الآباء

وجينات الأمهات مع بعضها البعض بنصيب متكافئ. وقد فتحت مثل هذه الاعتبارات مجالاً بحث واسعة، وأدت إلى إدراك بعض من عمليات الوراثة الغامضة.

وعلى نقيض الإنجازات العظيمة التي تمت على يدي مندل فإن تلك الأعمال التي أثرت عن دارون لم تؤد إلى تطبيقات مباشرة في الحياة العملية ومع ذلك فإن نظرية التطور أمدت البشر بقضية عامة يمكن مقارنة تأثيرها بالأثر الذي أحدثته نظرية الجاذبية التي كشف عنها نيوتن قبل ذلك بقرنين تقريبًا. وكما توسع أتباع دارون في تفاصيل نظريته، فكذلك أضاف علماء الأحياء خلال الخمسين عامًا التي تلت نشر كتاب أصل الأنواع إلى مجموعة الأدلة التي جمعها دارون. وقد أبانت أبحاثهم الحديثة أن التغير الناشئ عن التطور قد حدث بسبب تغير الجينات وفي شكل الصبغيات. وبهذه الطريقة توصل رجال العلم إلى وصف طريقة التطور التي صارت دراستها أساسًا لكثير من الأبحاث الأحيائية اليوم.

ولكن أثر نظرية دارون قد امتد بعيدًا فيما وراء صفوف المشتغلين بالعلم، وأصبح يؤثر في نظرة الرجال والنساء في الحياة اليومية. وقد امتدت مفهومات التطور إلى مجالات أخرى، ولذلك فمن المعتاد اليوم دراسة اللغات، والتشريعات الاجتماعية، والعقائد الإنسانية طبقًا لنشأتها وتطورها. وعلى الرغم من أنه من الواجب علينا أن نكون على حذر ضد تطبيقات نتائج خاصة بمجال علمي في مجال آخر، إلا أن فكرة النمو التطوري ثبت أنها ذات فائدة كبرى في كثير من المشاكل الإنسانية. فمثلاً أصبح من الأمور المعترف بها أن التطور في الحياة البشرية سواء كان جسيمًا أم عقليًا ينشأ عن مجموعتين من العوامل هما:

١. "الطبيعة" التي تورث مباشرة.

٢. التغذي الذي تهيئه كل الظروف الخارجية التي تندرج تحت اسم "البيئة".

وقد وجهت كل المحاولات التي بذلت حتى الآن لتحسين التطور البشري صوب العامل الثاني من هاتين المجموعتين. وقد أدرج التعليم كذلك الأحوال التي تساعد على الصحة الجسدية ضمن التغذي.

والآن حينما نأخذ في اعتبارنا الجنس لا الفرد فإننا بذلك نعلم أن الثقافة البشرية شيء متطور. وزيادة على ذلك فكما أن التطور بين النباتات والحيوانات عملية ما زالت مستمرة، فكذلك الحال مع الثقافة البشرية. وإن للإنسان في هذا دورًا عليه أن يلعبه. إنه ليس كائنًا حيًا معقدًا فحسب، ولكنه روح حية أيضًا. ولذلك ففي استطاعته أن يكون له دور في التطور البشري بأن يسير قدمًا بثقافة جنسية، وإضافته شيئًا إلى كنوزها جيلاً بعد جيل.

وترينا نظرية التطور صورة للأشياء الحية التي وصلت خلال أحقاب مديدة من الزمن إلى حياة أكثر امتلاء وأكثر رخاء. وعلى ذلك فإنها تبعث الأمل في نفوس البشر. ومن ناحية أخرى فإن دراسة نظرية التطور تكشف لنا عن أمثلة كثيرة للأنواع التي انقرضت، ولأنواع أخرى في سبيل الانقراض. وتحمل مثل هذه الاعتبارات في طياتها تحذيرًا للجنس البشري، إذ على الرغم من أن الإنسان هو أعظم الكائنات الحية مقدرة على التلاؤم، إلا أنه يشترك مع جميع الكائنات غيره في قدرته على الانحلال، وقدرته على التقدم سواء بسواء. والمسئولية في ذلك تقع عليه.

الفصل الثالث عشر

الخطوات التي أدّت إلى العصر العلمي الحديث

١- مطلع القرن التاسع عشر

إن الإنجازات العظيمة التي تمت في كل من العلوم البحتة والتكنولوجيا خلال القرن التاسع عشر كانت هائلة جدًا بدرجة أنه قد بدا أن أي تقدم آخر سيكون في التوسع في النتائج المعروفة أكثر منه في كشوف جديدة. وقد ضمت المعلومات التي تدفقت من ميادين مختلفة بعضها إلى بعض لتخرج لنا قانون الطاقة، كما أبانت قوانين الديناميكا الحرارية الطريق لاستخدام المواد العالمية. ووصفت نظرية التطور الأشياء الحية التي تتلاءم باستمرار مع الظروف الجديدة. ومما لا ريب فيه أنه بالنسبة لأولئك الذين يرفلون في النعم المادية لعصر يسود الرخاء فيه اتجهت الأفكار إلى ذلك الإنسان الذي لكونه آخر حلقة في سليلة التطور قد بلغ أوج قواه.

ولكن الحوادث سرعان ما زحزحت الناس عن غبطتهم، ففي عام ١٨٩٥ اكتشف رونتجن الأشعة السينية. وأعلن في فرنسا بعد ذلك بأعوام طويلة عن إشعاعات جديدة كل الجدة من اليورانيوم ومركباته عبر عنها فيما بعد بالنشاط الإشعاعي وتوصل علماء الفيزياء في إنجلترا في نفس الوقت إلى النتيجة المدهشة التي تتلخص في أن الذرة التي كان يظن حتى ذلك الوقت أنها جسيم من المادة يكون وحدة غير قابلة للانقسام تتكون من جسيمات

أصغر منها بكثير. إن هذه الكشوف لم تثر اهتمام العلماء في العالم فحسب بل إنها أيضًا تطلبت إعادة تنسيق للأفكار أدى إلى عصر جديد من التجربة.

٢- اكتشاف الإلكترون

من بين الأبحاث التي قام بها أمير القائمين بالتجارب ميخائيل فاراداي سلسلة من القياسات الكمية لمرور تيار من الكهرباء في مواد سائلة. إنه استعمل محاليل أملاح معدنية، ووزن المواد الناتجة المترسبة على الأقطاب الكهربية. ونتيجة لذلك صاغ القانونين الآتيين:

١ – تتناسب كتلة المادة المتخلفة عن التحليل تناسبًا طرديًا مع كمية الكهرباء المارة في السائل.

٢ – حينما يمر نفس التيار في محاليل مختلفة لمدد متساوية فإن كتل المواد المتخلفة عن التحليل تتناسب تناسبًا طرديًا مع مكافئتها الكيماوية.

وهاتان الحقيقتان العامتان المعروفتان الآن بقوانين فاراداي للتحليل الكهربي تؤديان إلى النتيجة التي تتلخص في أن هناك كمية ثابتة من الكهرباء مرتبطة بالذرة الكيماوية. وقد أدرك فاراداي نفسه هذا على الرغم من أنه تردد في استعمال لفظ الذرة لهذه الوحدة الطبيعية من الكهرباء.

وقد أدت الأبحاث الخاصة بمرور الكهرباء إلى غازات بدلاً من سوائل إلى أدلة مقنعة على وجود وحدة كهربية مغايرة. وكان معروفًا من زمن طويل أنه بينما يكون الغاز في الضغوط العادية عازلاً، فإن الغاز في الضغوط المنخفضة يسمح بمرور تفريغ كهربي خلاله، وبعد اختراع الملف التأثيري أصبح من الممكن استعمال قوى دفع كهربية أكبر بكثير للتفريغ، ومكن التقدم الذي تم

عمله في صناعة المفرغات الهوائية القائمين بالتجارب من الحصول على ضغوط مخفضة بدرجة كبيرة. ولوحظ في هذه الظروف الأكثر تلازمًا أنه حينما يمر تفريغ خلال أنبوبة مفرغة من الهواء تقريبًا تنبعث أشعة من القطب السالب، أو المهبط.

وهذه الأشعة التي أصبحت تعرف باسم أشعة المهبط جعلت غاز لأنبوبة يتوهج بأشعة فلورنس كما سميت. وعلاوة على ذلك فحينما يعترض جسم صغير– مسار هذه الأشعة فإنه يلقي ظلاً على النهاية القصوى للأنبوبة يسبه الظل الذي قد يلقى بواسطة شمعة أو أي مصدر آخر من مصادر الضوء. وقد أبانت مثل هذه النتائج أن أشعة المهبط مهما كان من كنهها تنبعث في خطوط مستقيمة. وظن بعض الباحثين أنها تكون نوعًا من الضوء، بينما اعتبرها الآخرون كسيل من لجسيمات المنطلقة في خطوط مستقيمة.

ولم يكن من الصعوبة وضع هذه الفروض موضع الاختبار بمجرد ابتكار طرق لقياس السرعة التي تنطلق بها أشعة المهبط. وكانت النتيجة أن وجدت سعتها أقل بكثير من سرعة الضوء. ومما يثير الدهشة بدرجة كبيرة أنه قد لوحظ أن أشعة المهبط يمكن انحرافها عن مسارها بواسطة مجال مغنطيسي فاصل وأنه عند احتجازها في أسطوانة معدنية فإن هذه الأسطوانة تكون ذات شحنة سالبة. وقد أدت مثل هذه النتائج إلى النتيجة التي تتلخص في أن الأشعة تتكون من سيل من الجسيمات المكهربة.

واستمدت أدلة أخرى من المقاييس العددية المضبوطة، وعلى الأخص تلك التي ابتكرها السير جوزيف جون طومسون (١٨٥٦– ١٩٤٠). وحينما أجرى تجارب مستعملاً فراغات كبيرة في أنابيب التفريغ، وموازنًا انحراف

أشعة المهبط الناتجة عن مجال مغنطيس بذلك الانحراف الناتج عن مجال كهروستاتيكي، حصل على تقدير لنسبة شحنة دقيقة من دقائق أشعة المهبط إلى كتلتها، وكذلك إلى تقرير آخر للسرعة.

وفي سلسلة من التجارب ثبت أنها ذات أهمية جوهرية أجرى ج. ج. طومسون تجارب دقيقة منوعًا الغازات في أنابيب التفريغ، مستخدمًا أقطابًا كهربية من معادن مختلفة، ومستعملاً قوى دفع كهربية مختلفة. ولكنه وجد أن سرعة أشعة المهبط واحدة في كل حالة وأن نسبة الشحنة للكتلة ثابتة وقد دلت أبحاث أخرى على أن الشحنة التي تحملها أشعة المهبط تتساوى في مقدارها مع الشحنة التي تحملها الذرة المشحونة، أو الأيون، في التحليل الكهربي. وقد بدأ في الحقيقة أن شحنة جسيم المهبط هي ثابت طبيعي حقيقي بدرجة أن اعتبر وحدة أساسية أطلق عليه لفظ الإلكترون.

وقد أعلنت النتائج التي وصل إليها ج. ج. طومسون لرجال العلم في العالم عند اجتماع الرابطة البريطانية عام ١٨٩٩. ومنذ ذلك الوقت كشف رجال الفيزياء عن الإلكترونات في كل مكان. ولا تنبعث من المواد المشعة سيول من الإلكترونات فحسب كما سنرى، ولكن هذه الإلكترونات تنطلق أيضًا بتأثير الضوء وعلاوة على ذلك تنبعث سيول من الإلكترونات من المعدن الساخن وقد أدت هذه الحقيقة إلى اختراع الصمام الثرميوني المستعمل في أجهزة الاستقبال اللاسلكي.

وتحتوي البصلة الصغيرة التي يتكون منها الصمام المألوف فتيلة من سلك بتوهج تنبعث الإلكترونات منه. إنها تمر في ثقوب شبكة معدنية إلى الطرف الآخر من البصلة وتتصل الشبكة بالسلك الهوائي الذي يتلقى

الموجات الكهرومغنطيسية وبذلك تكتسب تيارًا مترددًا ضعيفًا وحينما تكون الشبكة ذات شحنة موجبة فإنها تجذب الإلكترونات ذات الشحنة السالبة الصادرة من الفتيلة وتزيد من سرعة حركتها. وحينما تكون الشبكة ذات شحنة سالبة فإنها تبعد الإلكترونات القادمة من الفتيلة. ونتيجة لذلك فإن التيار الصغير المتردد في الشبكة يتخذ اتجاهًا واحدًا، وتزداد قوته في نفس الوقت. وما الصمام الثرميوني إلا إحدى التطبيقات العديدة للسيل الإلكتروني في حياتنا اليومية، تلك التطبيقات التي سنناقش بعضًا منها في الفصل القادم.

٣- الأشعة السينية

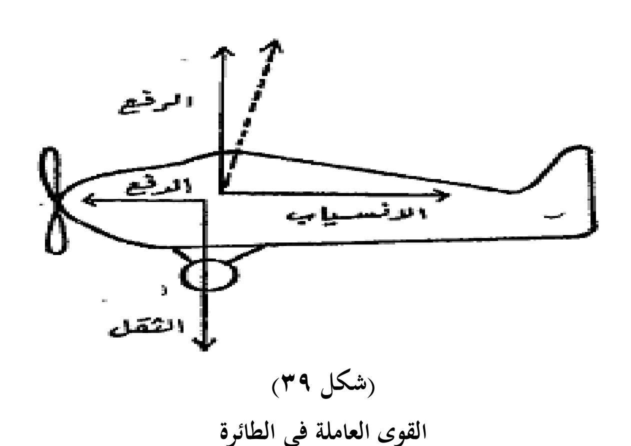
أثناء خريف عام ١٨٩٥ كان عالم فيزياء من ورتسبرج يدعى ويلهيلم كونراد رونتجن (١٨٤٥- ١٩٢٣) يقوم بإجراء تجارب مستخدمًا فيها الأشعة المهبطية. كان لديه ملف تأثيري عامل متصلاً بأنبوبة تفريغ مغطاة بورق أسود. كان ذلك مساءً في وقت متأخر، وكانت الحجرة مضاءة بنور خافت حينما لاحظ رونتجن فجأة ضوءًا لامعًا مائلاً للاخضرار آت من قطعة من الورق المقوى كان قد استعملها في تجربة أخرى. كانت قطعة الورق المقوى قد طليت بمادة كيماوية تتوهج عند سقوط الضوء عليها. ولكن لم يكن هناك فعلاً نور في الحجرة. إذن من أين أتى هذا النور الفلوريسنت؟ لقد تحسس رونتجن طريقه إلى الملف التأثيري وقطع الاتصال بينه وبين أنبوبة التفريغ، فتوقف الوهج الأخضر فورًا، وعاد إلى الظهور ثانيةً حينما أوصل الملف التأثيري العامل بأنبوبة التفريغ. وأدت أبحاث أخرى دقيقة إلى إقناع رونتجن أن الفلوريسنت ناتج عن شيء صادر من أنبوبة التفريغ، لا من شيء آخر. ويبدو أنه في الحقيقة قد اكتشف بعض إشعاعات أطلق عليها أشعة إكس.

وقد وجد رونتجن أن هذه الأشعة لم تنفذ فحسب خلال الورق الأسود الملتف حول أنبوبة التفريغ، بل وجد أيضًا أن في استطاعتها اختراق حزمة من ورق اللعب، وحتى اختراق يده ومع ذلك فحينما وضع يده بين أنبوبة التفريغ وشاشة الورق المقوى المتوهجة بنور الفلوريسنت شاهد أنه على الرغم من مرور الأشعة خلال اللحم، فإنها ألقت ظلاً للعظام. لقد وجد في هذا نتيجة مذهلة. وسرعان ما أثار هذا النبأ اهتمام العالم كله. وتحقق في الحال استخدامه في مقتضيات الجراحة، وسرعان ما أخذ رجال الطب يطلبون العون من العالم الفيزيائي بأشعته السينية للكشف عن العظام المكسورة. ولقد لاقت مثل هذه الطرق نجاحًا لدرجة أن أصبح من النادر الآن أن تجد عضوًا مشوهًا ناتجًا عن كسر. وإنه لمن العسير حقًّا تقدير ما نجم عن استعمال الأشعة السينية من تخفيف للويلات البشرية.

وتستعمل الأشعة السينية كما هو معروف تمامًا الآن في تشخيص أمراض معينة، السل على الأخص، وكإجراء وقائي تؤخذ وحدات يمكن نقلها من أشعة إكس إلى المصانع والمعسكرات والمدارس حيث تؤخذ صورة صغيرة جدًا لكل شخص على فيلم. وعلى ذلك يمكن أخذ مئات من الصور الفوتوغرافية على فيلم واحد، ويمكن تكبير هذه الصور كما هو الحال مع فيلم السينما. ويمكن بهذه الطريقة الكشف عن أي أعراض مبكرة من أعراض السل.

وتستعمل الأشعة السينية أيضًا في الصناعة، فمثلاً قد يوجد عيب في مسبوك معدني مثل شرخ بسيط أو ثقب صغير. إن هذا العيب لا يمكن مشاهدته إن كان في داخل المعدن تمامًا. ولكن حينما تستعمل الأشعة السينية لفحص مثل هذا المعدن المسبوك، فإن العيب يظل كرقعة لامعة على

شاشة الفلوريسنت، وذلك لأن هناك جزءًا مفقودًا من المعدن. وتخترق الأشعة السينية الفجوة بسهولة. وكذلك فإن الأشعة السينية تهرع إلى معونة مؤرخي الفن. وتستعمل في فحص الصبغة السميكة المتجمدة على الصور الزيتية القديمة (لوحة ٢٧). وبهذه الطريقة يتمكن الخبير أحيانًا من الكشف عن عمل فنان قديم عبثت به فيما بعد يد زيفته وأخفت معالمه.



(شكل ٣٩)

القوى العاملة في الطائرة

إن قوة دفع المحرك التي تتسبب فيها آلة الطائرة عن طريق حركة الأجنحة الأمامية تحدث قوة رفع إلى أعلى بميل بسيط، وتحدث محصلة قوتها الرأسية الصعود إلى أعلى، وبذلك تتغلب على ثقل الطائرة، بينما تحدث محصلة القوى الأفقية حركة خلفية تقاوم بالإضافة إلى ما يسمى بحركة الانسياب الخلفية الطليقة قوة دفع المحرك. إن القوتين المتضادتين ليستا على خط مستقيم واحد. ولكن كل اثنتين منهما تكونان عزمًا مزدوجًا ولذلك يجب تصميم الطائرة بحيث يقاوم العزمان بعضهما بعضًا.

ولكن بصرف النظر عن الاستعمال اليومي لقوة اختراق الأشعة السينية، فإن اكتشافها زود رجل العلم بوسيلة جديدة كل الجدة للبحث العلمي.

واكتشف علماء الفيزياء أثناء الجهود التي بذلوها للكشف عن سر هذه الأشعة الغامضة إنه من الممكن انحرافها بواسطة صفوف الجزئيات المنتظمة الدقيقة لقطعة من البلور. وهي تشبه الضوء العادي في هذا. وقد ثبت بمثل تلك الوسائل أن أشعة إكس ليست في الحقيقة ضوءًا فحسب، بل لقد تقرر طول الموجة أيضًا، وفتح الطريق لفحص تركيب الجزئيات ذاته، وكذلك لمشاهدة ما لم يستطع المجهر العادي أن يبينه.

ومكنت الأشعة السينية علماء الفيزياء أيضًا من أن يزيدوا من اكتشافاتهم عن الإلكترون. وعلى ذلك فعقب اكتشاف رونتجن بقليل أعلن ج. ج. طومسون أن للأشعة السينية قوة جعل الغاز موصلاً. أي أنها تؤبن الغاز. وعلاوة على ذلك وجد أن الأيونات السالبة تعمل في الغاز الذي يتعرض لأشعة إكس كنوبات لتكوين قطرات الماء. وكانت إحدى التجارب التي أجراها ج. ج. طومسون تتلخص في تعريض هواء خال من الغبار مشبع ببخار ماء بدرجة زائدة إلى التأثير التأيني للأشعة السينية. وعند جعل هذا الهواء يتمدد فجأة، قلت درجة حرارته وتكونت سحابة من قطرات الماء. وكان من الممكن تقدير حجم هذه القطرات من سرعة سقوطها. وقد حصل طبعًا على الحجم الكلي للماء المتكاثف بسهولة حينما سقط ماء السحابة بأكمله إلى قاع الإناء. وعلى ذلك فقد أمكن معرفة عدد الأيونات أو النوبات بالحساب البسيط. وأمكن تقدير الشحنة الكلية بقياس مستقل للتيار الذي تحمله الأيونات وبقسمة هذه النتيجة على عدد الأيونات ينتج مقدار الشحنة الفردية[١].

---

(١) وصفنا هذه التجربة بقليل من التفصيل حيث أنها مثل من أمثلة استعمال الغرفة السحابية، التي كثيرًا ما تستعمل في البحث الفيزيائي الحديث.

وقد أبدت مثل هذه التقديرات بالإضافة إلى تقديرات نسبة شحنة جسيم أشعة المهبط إلى كتلته الرأي القائل بأن الشحنة التي يحملها الإلكترون ثابتة، وأن الكتلة تبلغ من الصغر حدًا بدرجة أننا يجب أن نعتبرها جزءًا صغيرًا من الذرة. وكانت هذه نتيجة بلبلة الأفكار، إذ أن الذرات قد ظلت زمنًا طويلاً تعتبر غير قابلة للانقسام. ولكن كانت هناك في جعبة الأيام أشياء كثيرة أخرى مثيرة للدهشة.

٤- النشاط الإشعاعي

بعد قليل من ملاحظة رونتجن للأشعة السينية لأول مرة، وجد الباحثون في فرنسا – وعلى الأخص مسيو ومدام كوري – أن بعض المعادن ينبعث منها إشعاع غريب. وأدى هذا بواسطة تحليلات كيماوية شاقة إلى عزل الراديوم، والبلونيوم. وجرت على هذه المواد المسماة بالمواد المشعة في إنجلترا وفي القارة ووجد أنها تتكون من ثلاثة أنواع سميت تيسيرًا ألفا، وبيتا، وجاما. وتتميز أشعة بيتا بأنها إلكترونات ذات سرعة كبيرة. أما أشعة جاما فقد اكتشف أنها ذات قوة اختراقية عالية وأنها تشبه الأشعة السينية، أما أشعة ألفا فوجد أنها عبارة عن ذرات ذات شحنة إيجابية من الهليوم. وكان معروفًا أن عنصر الهليوم موجود في الشمس ومنها اشتق اسمه، وعزل مع غازات خامدة أخرى في جو الأرض ولكنه وجد الآن أنه ينبعث باستمرار من كل من الراديوم، والبلونيوم. أو بمعنى آخر، فهناك عنصر ينتج باستمرار عنصر آخر.

ومثل هذه التحولات الطبيعية من عنصر إلى آخر أثارت اهتمام العلماء في العالم. وبعد أبحاث مضنية وابتكار طرق جديدة للتجريب نجح علماء الطبيعة في القيام بإحداث تحولات صناعية في المعمل. وعلى ذلك ففي عام

١٩١٩ لاحظ اللورد رذرفورد (١٨٧١– ١٩٣٧) أنه حينما نقوم بإمرار جسيمات من جسيمات ألفا من مواد مشعة في نيتروجين، فإنه ينتج عن ذلك تكون جسيمات مشحونة شحنة كهربية مخالفة. وقد وجد أن هذه الذرة تكون مشحونة بشحنة كهربية موجبة، وأنها تكون جزءًا من الذرة. وقد عرف فيما بعد أن الجزء الداخلي للذرة الأيدروجين، أو النواة.

وكان لدى رجال العلم قبل هذا الوقت أدلة وافرة تجعلهم يفكرون أن الذرة في تكوينها تشبه مجموعة شمسية مصغرة بها إلكترونات سالبة تدور حول نواة ذات شحنة موجبة تقع في مركزها وتتكون منها الكتلة الرئيسية للذرة. وبما أن أنواع الأيدروجين التي تحمل شحنة كهربية، أو البروتون كما أطلق عليها فيما بعد كان من الممكن الحصول عليها عندما تتحلل الذرات، كان من المعقول الافتراض أن البروتونات هي التي وجدت أول الأمر، وأن الإلكترونات والبروتونات هي في الحقيقة الوحدات الأساسية التي بنيت منها الذرة.

وقد أيدت هذه النتيجة باكتشاف النظائر– أي ذرات بخصائص كيماوية واحدة، ولكن ذات وزن ذر مختلف. وكان مفروضًا منذ أكثر من مائة عام قبل هذا أن كل الذرات مكونة من الأيدروجين أخف المواد المعروفة. ولكن الذي دحض هذا الرأي هو أن كثيرًا من العناصر لم تكن أوزانها الذرية أعدادًا صحيحة وكانت هذه إحدى النتائج التي أيدت الاعتقاد الذي يتلخص في أن كل العناصر مكونة من نفس المادة الأولية. وقد ثبت أن عزل النظائر كان من أعظم اكتشافات العلم الحديث. وسنعود إلى هذا الموضوع مرة ثانية عند مناقشة الطاقة الذرية.

ولقد تحدثنا حتى الآن عن الإلكترونات بصفتها الجسيمات الأولية للمادة، واعتبرت هذه الجسيمات بعض سنين أنها الوحدات النهائية للذرة. ولكن عثر عام **١٩٣٢** على جسيم آخر ألا وهو نواة أيدروجينية عديمة الشحنة أطلق عليها لفظ نيوترون. ولكن النيوترون لا يحمل شحنة فلا يحدث تنافر بينه وبين النويات المشحونة للذرة. ولهذا فقد هيأت النيوترونات السريعة الوسيلة لنتائج التحويل الذري المثيرة في السنين الحديثة. ووجد علماء الفيزياء العاملين في إنجلترا وفي أمريكا بعد التعرف على النيوترون بوقت قليل أنه من الممكن وجود وحدة كهربية موجبة، البوزيترون لفترة قصيرة، والبوزيترون نوع من الإلكترونات الموجبة من الصعب جدًا الكشف عنه.

وتتماسك البروتونات المشحونة والنيوترونات عديمة الشحنة سويًا في نواة الذرة بقوى هائلة تزيد كثيرًا جدًا عن قوى الجذب الكهربية والمغنطيسية العادية، ومن المفروض لتعليل وجود هذه القوى أن يوجد جسيم آخر أخف من البروتون أو النيترون، ولكن أثقل من الإلكترون وهذا الجسيم البين يعرف باسم الميسون. وقد ثبت وجود أربعة أنواع من الميسون من الفحص التجريبي لتلك الإشعاعات الغامضة الصادرة من الفضاء الخارجي المعروفة بالأشعة الكونية وتتكون الميسونات باستمرار ثم تتغير وذلك على خلاف البروتونات والنيوترونات، والإلكترونات. ومع ذلك تطبيقًا لما لدينا من معلومات حالية، فإن الجسيمات النهائية الثابتة هي البروتونات والبوزوترونات والإلكترونات، وهي الوحدات النهائية التي يتكون منها العالم المادي.

٥- الضوء والإشعاع

لقد تركت نواحي التقدم العظيمة في دراسة الضوء التي تمت أثناء القرن السابع عشر عديدًا من المشاكل دون حل. ومع أن الناس قد عرفوا أن النور يسافر بسرعة ثابتة، إلا أنهم لم يستطيعوا تفسير ظواهر كالانحراف والاستقطاب. وعلاوة على ذلك لم يتيسر في ذلك الوقت وجود أدلة كافية لتقرير هل يعتبر الضوء سيلاً من الجسيمات الصغيرة أو مجموعة من الموجات.

ومع ذلك ففي السنين الأولى للقرن التاسع عشر أبانت الاكتشافات التي تمت في علم البصريات بدرجة لا ريب فيها أنه مهما كان الضوء فإن له خواص التموج([١]) أي أنه يتكون من تموجات تلي بعضها بعضًا في فترات منتظمة. وقد أمكن تفسير ظواهر الانحراف والاستقطاب، وكثير من الصعاب التي ظلت دون حل منذ أيام نيوتن وهيوجينز على أساس النظرية الموجية التي صورت فيها الموجات كأنها ناتجة عن حركة علوية سفلية في زوايا قائمة، أي مستعرضة على الاتجاه الذي تسير فيه الموجة.

ومع ذلك بقيت صعوبة واحدة. لقد وجد أن موجات البحر والصوت المألوفة كانت تنتشر بواسطة تحركات شيء مادي ولكن موجات الضوء كان في استطاعتها أن تمر خلال أرجاء لا أشياء مادية بها على الإطلاق. ونتيجة لذلك شعر رجال العلم بالحاجة إلى افتراض وجود أثير نافذ خلال الكون

([١]) طول الموجة هي المسافة بين نقطتين متتابعتين يحدث فيهما نفس النوع من التموج، وهي بذلك تناظر المسافة بين رأسي موجتين في البحر. والذبذبة هي عدد الأمواج التي تلي بعضها بعضًا في نقطة واحدة كل ثانية. وعلى ذلك فإن طول الموجة الطويلة يناظر ذبذبة بطيئة، ويناظر طول الموجة القصيرة ذبذبة عالية.

بأسره وتستخدم تحركات هذا الأثير في نشر موجات الضوء، بالضبط كما تستخدم تحركات الماء في إحداث موجات البحر المألوفة.

وقد أصبح الأثير بإثبات مبدأ الطاقة يعتبر الوسيلة التي تختزن بها الطاقة وتنقل وكان من المعروف مثلاً أن الإشعاع الصادر من الشمس يأخذ ثماني دقائق ليصل إلى الأرض وحينما يصل مثل هذا الإشعاع إلى الأرض يثير تحركات الجزئيات التي نعرفها باسم الحرارة. ولذلك كان الاعتقاد أن الطاقة المكافئة لهذه الحرارة تنقل بواسطة الأثير، وكمثل قارب في بركة ساكنة يتحرك بواسطة اضطراب يحدث في النهاية القصوى للبركة، وتنقل أمواج الماء الطاقة إليه.

وقضى رجال العلم في القرن التاسع عشر وقتًا طويلاً يبحثون عن الخواص الآلية التي قد تكون للأثير حتى يتمكن من نقل الموجات. وفي العقود الأخيرة للقرن التاسع عشر فكروا في الأثير على أنه وسيلة لا لنقل التحركات الآلية فحسب، بل لنقل التغيرات الكهرومغنطيسية التي تتبع بعضها بعضًا في فترات منتظمة.

ولكن على الرغم من أن الأفكار عن الأثير حدث فيها تغيرات كثيرة إلا أن رجال العلم مازالوا يفكرون في الطاقة كشيء منبعث باستمرار. ومع ذلك فعند تحول القرن كشفت الأبحاث النظرية والتجريبية أن الطاقة شيء ينطلق في دفعات، وكان هذا الاستنتاج المدهش نتيجة أبحاث في الإشعاع المنبعث من جسم متوهج. لقد وجد أن كل دفعة إشعاعية تناظر كمية ثابتة من الطاقة. وفي كل نوع من أنواع الإشعاع ينتج نفس العدد إذا ضربنا كمية الطاقة في

الوقت الذي بين الدفعات بعضها وبعض. ويبدو أن هذا هو أحد ثوابت الطبيعة.

وتنتمي مثل هذه الاعتبارات لما يسمى بنظرية الكم، ومن أهم الأمور التي تثير الاهتمام في هذه النظرية هي أنها قد أحدثت توفيقًا بين النظريات المتنافسة للقرن السابع عشر، وهي النظرية الموجية والنظرية الجسمية للضوء. وقد أبلغت دراسة إشعاعات خاصة أن طول كل موجة يصحبه قدر ثابت من الطاقة يتوقف على الذبذبة فحسب. وكلما عظمت الذبذبة كلما عظمت هذه الطاقة. وغالبًا ما يشار إلى دفعة الطاقة باسم فوتون، أو كم الطاقة. وتنبعث الطاقة بكميات متساوية بهذه الدفعات المتتالية، ولذلك فإن لتلك الطاقة بعض صفات الجسيمات الصغيرة المنفصلة، وعلى ذلك فإن النظرية الحديثة تعيدنا إلى النظرية القديمة.

وكذلك فإن ظاهرة الانحراف التي تحدث كنتيجة طبيعية حينما نعتبر الضوء مكونًا من موجات مستعرضة اتضح حديثًا أنها لا تظهر في حالة الضوء فقط، ولكنها تظهر أيضًا في حالة وجود سيل من الإلكترونات. ونتيجة لذلك لا بد أن نستنتج أن لسيل الإلكترونات بعض صفات الموجات، بالضبط كما يجب أن نفترض أن للضوء بعضًا من صفات الجسيمات المنفصلة. ولكن الذي يكون ما نسميه بذرات المادة إنما هو مجموعة من الإلكترونات والبروتونات. وعلى ذلك ففي هذا الامتزاج الإجمالي للفيزياء الحديثة نجد أن للمادة أيضًا بعض خواص الموجات. وتتطلب معالجة المشكلات التي تثيرها مثل هذه المفاهيم ميكانيكًا خاصة يتم إنجاز طرقها الآن.

ويبدو أن مناقشتنا قد أبعدتنا الآن كثيرًا عن شئون حياتنا اليومية، ولكننا رأينا كم من النتائج التي توصل إليها العلم الحديث قد طبقت في الحياة العملية. إننا سنؤكد مثلاً آخر فحسب. هيا بنا نرجع لحظة إلى نظرية الكهرومغنطيسية. لقد كشف ماكسويل أن التغيرات في القوة الكهربية التي تحدث بدورها تغيرات في القوة المغنطيسية تتبع بعضها بعضًا في فترات منتظمة، أي أن لها صفة التموج. وأدى به هذا إلى أن يفترض أن الضوء نفسه كهرومغنطيسي في صفته. وينتج عن هذا أن في إمكاننا الحصول على تأثيرات كهربية أو مغنطيسية من الضوء.

ولقد لاحظ فاراداي نفسه أن الضوء المستقطب يتأثر بالمجال المغنطيسي، ولكنه لم يستطع تعليل هذه النتيجة الغريبة. وقد وضعت خلال السنين الحديثة إحدى الصلات الموجودة بين الكهرباء والضوء المعروفة بالتأثير الضوئي الكهربي موضع التطبيق العلمي. فحينما يسقط ضوء ذو طول موجي قصير على سطح معدني مصقول نظيف، فإن اللوح تنبعث منه إلكترونات. ويتوقف عدد الإلكترونات على شدة الضوء، ولذلك فإن الاهتزازات في الضوء تحدث سيالًا إلكترونيًا بقوة متغيرة. ولو أن سلكًا هيئ لتوصيل إلكترونات هذه لأمكن الكشف عن وجود هذه الإلكترونات كتيار ذي شدة متغيرة. ومن الممكن جعل مثل هذه التيارات تحدث صوتًا كما في التليفون العادي. وتنشأ في الفيلم الناطق العادي اهتزازات هوائية تتسبب عنها تحركات طفيفة في لوح رقيق. ويوضع مصدر الضوء في وضع مناسب تنشأ عن تحركات هذا اللوح تذبذبات ضوئية. وتكتسب هذه صفة الثبات بواسطة الطبع الفوتوغرافي على فيلم في نفس الوقت الذي تسجل فيه حركات الممثلين فوتوغرافيًا. وعندئذ يمكن استعادة الصوت بواسطة إضاءة الفيلم،

وذلك لأنه بواسطة التأثير الضوئي الكهربي تحدث الاهتزازات في الضوء تيارات تذبذبية، وتتحول هذه كما يحدث في الواقع إلى صوت بواسطة جهاز الميكروفون المألوف.

٦- وجهة نظر جديدة في العلم

إن العلم لا يتقدم فحسب بكشف حقائق جديدة. بل أيضًا بالحافز الذي توجده طرق جديدة. ولقد رأينا كيف أن نظام كوبرنيكس، ونظرية نيوتن في الجاذبية، والنظرية الذرية لـ دالتون، ونظرية الانتخاب الطبيعي لدارون كلها أمدت الناس بوجهة نظر جديدة وبذلك أوحت إليهم بتقدم جديد. وعلاوة على ذلك فإن كل فكرة عامة عظيمة جديدة تضمنت إغفال النظريات التي قد استنفدت أغراضها، فلقد رأينا مثلاً كيف أن نبذ النظرية السعرية للحرارة ترك الباب مفتوحًا للمفهوم الذي يتلخص في أن الحرارة نوع من أنواع الطاقة.

ولقد تكشف في العقود الأخيرة للقرن التاسع عشر بعض الحقائق التي لم يكن في الاستطاعة التوفيق بينها وبين النظريات الموجودة، ونتيجة لذلك كان على رجال العلم مراجعة أفكارهم، ومراجعة تلك المفهومات الأساسية التي تتضمن القياس العلمي كله. ولقد أدت النتائج إلى نظرية النسبية.

هيا بنا نتدبر قياسًا بسيطًا كقياس السرعة، فقياس المسافة التي يقطعها قطار في مدة معينة يمكننا تقدير متوسط سرعته في ذلك الوقت. فلنفرض أن النتيجة التي حصلنا عليها هي خمسون ميلاً في الساعة. ولكن هذه السرعة هي فقط السرعة بالنسبة لسرعة الأرض، التي تقوم برحلتها السنوية حول الشمس بسرعة ١٩ ميلاً في الثانية تقريبًا. وقد بين نيوتن نفسه أن قياسات السرعة التي نقوم بها ليست مطلقة، ولكنها نسبية فقط. وضرب لذلك مثلاً

بسفينة في بحر، وبين أنه على الرغم من أننا لا نعرف الحركة المطلقة للأجسام التي على ظهر السفينة ففي استطاعتنا دراسة حركاتها النسبية على سفينة متحركة، كما نقيسها على البر سواء بسواء. وعلى الرغم مما ينجم من هذا من أن كل القياسات التي نقوم بها في مناطقنا الأرضية تكون نسبية، فإن نيوتن تصور أنه قد يكون هناك فيما وراء النجوم منطقة سكون مطلق.

وقد نوقشت مسألة السكون المطلق في القرن التاسع عشر، حينما أخذ رجال العلم يعتقدون في وجود أثير يستخدم لنقل الضوء. ولو فكر في الأثير كأنه في حالة سكون مطلق لكان من المحقق استخدامه كمعيار ثابت، وقياس السرعة التي تتحرك الأرض بها خلال الأثير. وفي العقود الأخيرة من القرن التاسع عشر جعل العلم الخاص بالبصريات بالإضافة إلى نواحي التقدم التي تمت في المهارة الفنية في صنع الأجهزة المناسبة في حيز الأماكن وضع هذه الفروض في محك التجريب.

وكانت أشهر هذه التجارب تتلخص في محاولة للكشف عما إذا كان هناك أي اختلاف في سرعة الضوء حينما يسير (أولاً) في نفس الاتجاه الذي تسير فيه الأرض (ثانيًا) حينما يسير في اتجاه عمودي على ذلك الاتجاه. وتبدو حركة الأرض طبعًا بالنسبة لأثير ثابت كاندفاع الأثير. وعلى ذلك فمن الممكن مقارنة التجربة بتوقيت حركة قارب حينما يتحرك مع التيار، وحينما يتحرك عكسه، وكذلك حينما يتحرك عبره. ومن المعروف جيدًا أن الوقت الذي يأخذه قارب بالمجاديف في تحركه مسافات متساوية مع التيار ثم ضد التيار أطول بكثير من الوقت الذي يأخذه عند تحركه المسافتين مجمعتين عبر التيار.

وبدلاً من تحريك قارب سمح لشعاع من الضوء أن يسير في اتجاه تيار الأثير وضده، وكذلك في اتجاه عمودي عليه. ولكن النتائج أبانت عدم وجود اختلاف في أي من الزمنين المستغرقين. وعلى ذلك فلم يتبين وجود تيار أثيري، أو بمعنى آخر ليست هناك سرعة للأرض بنسبة الأثير. وقد أعيدت مثل هذه التجارب مرات كثيرة، وكانت الأجهزة التي استعملت فيها دقيقة بدرجة توحي لنا بالثقة في نتائجها.

وقد فسرت نظرية النسبية التي كان أينشتين المولود عام **١٨٧٩** أول من وضعها سنة **١٩٠٥** هذه النتيجة السلبية. وينتج طبقًا لهذه النظرية أن الحركة المطلقة لا يمكن قياسها بأية تجربة مهما كانت. وعلاوة على ذلك فإن سرعة الضوء تبدو واحدة لجميع المشاهدين مهما كان من حركتهم النسبية لبعضهم البعض. وهذه النظرية تدعونا إلى إعادة النظر في جميع أفكارنا عن الفضاء والزمن والجاذبية.

لقد اعتدنا أن نتحدث عن الطول والعرض والارتفاع بأنه أفقي وعمودي. ولطالما نحن باقون على ظهر الأرض فإن لهذه التعبيرات معنى. ومع ذلك فلو أننا ارتفعنا في طائرة، فلن يكون لدينا وسيلة لتقرير ما هو أفقي وما هو عمودي. إن المطار لن يكون ذا جدوى، إذ أن أي تغيير في سرعة أو اتجاه الطائرة يحدث على مطارنا نفس التأثيرات التي تحدثها قوة الجاذبية. ويمكننا تمييز الطول والعرض والارتفاع في وضعنا المقيد داخل الطائرة. ولكن حينما نحملق نطل إلى الخارج ونرى السحب مندفعة صوبنا، أو حينما نحملق إلى أقطار السماء الثابتة، فإن الطول والعرض والارتفاع كذلك تفقد معناها بالنسبة لنا.

ونحن معتادون أيضًا أن نفكر في الوقت كشيء مطلق لا ينتظر أحدًا، ولكن الوقت في الحقيقة شيء محلي يتوقف على المشاهد. وعلى ذلك فقياساتنا للوقت تتوقف على ساعات وضعت طبقًا لمشاهدات فلكية. ولكن الناس الذين يقطنون كوكبًا آخر لهم معدل دورة مختلفة حول الشمس، ولذلك تختلف سنتهم عن سنتنا. وعلاوة على ذلك فإن مشاهدة أية حادثة تتوقف على سرعة الضوء. إن ما يحدث على الأرض الآن قد يراه مشاهد في جزء بعيد من الكون بعد سنوات عديدة بعد الآن. وفي الحقيقة يمكننا تصور مشاهد في منطقة أكثر بعدًا بكثير من ذلك يشاهد الآن جيوش قيصر تتحرك نحو بلاد الغال.

وإذا كان الطول والعرض والارتفاع أمورًا ليست مطلقة، وإذ لم يكن هناك تزامنية كونية للحوادث، فهل في استطاعتنا أن نجد شيئًا مطلقًا؟ إن نظرية النسبية تقول أن ذلك في طوقتنا طالما كنا مستعدين أن نغير أفكارنا عن الفضاء والزمن. إن النظرية تدعونا إلى اعتبار جميع ظواهر الطبيعة كأنها تحدث لا في فضاء ووقت منفصلين، بل في فضاء ووقت ممتزجين بطريقة ليست لدينا بها خبرة مباشرة.

هيا بنا نرى ما معنى هذا؟. لنفكر في متزحلق على الجليد، ولوصف موقعه في أية لحظة يمكن الإشارة إلى محورين متعامدين، ونقول أنه على بعد كذا من أحدهما وعلى بعد كذا من الآخر. وفي استطاعتنا رسم عدد من النقط على ورق مربعات، وبهذا نسجل مواقعه المتتابعة. وإذا كان لدينا محور ثالث عمودي على المحورين الآخرين، يمكننا أن نرسم رسمًا بيانيًا ذا ثلاثة أبعاد، يمثل الثالث منها الزمن. وهكذا نحصل على سجل أكثر كمالاً لما يقوم به المتزحلق؛ إذ أننا لا نستطيع فقط أن نتبين أين هو في أي وقت معين،

ولكن نستطيع أيضًا أن نتبين المسافة التي يقطعها أثناء أية فترة زمنية، وبذلك يحسب معدل سرعته أثناء وقت معين.

ولو أننا عوضًا عن متزحلق على الجليد أردنا أن نبين ما يقوم به بهلوان يتأرجح على حبال وسلالم، فإننا نحتاج إلى رسم بياني ذي ثلاثة أبعاد لتبيان مواقعه فحسب، ونحتاج إلى بعد رابع أو محور إشارة ليمثل ما يقوم به في حينه، وليس في استطاعتنا تكوين مثل هذا الرسم البياني الرباعي الأبعاد.

ولكن مثل هذا الشكل البياني هو الذي يهيئ لنا بالضبط نوع الشكل الهندسي الذي نحتاج إليه لتبيان ما تقوم به الطبيعة من أعمال. وتبين نظرية النسبية أن مثل هذا التمثيل ذي الأبعاد الأربعة لأي من ظواهر الطبيعة هو واحد بالنسبة لجميع المشاهدين مهما كان من بعدهم عن بعضهم البعض، ومهما كان من سرعاتهم النسبية. والحقيقة أن النظرية ترينا أن ليس كل شيء في الطبيعة نسبيًا، بل أن هناك أشياء معينة مطلقة في الطبيعة تتطلب منا بحثًا دقيقًا متواصلاً للكشف عنها.

وتضطرنا نظرية النسبية إلى الأخذ بوجهة نظر مخالفة للجاذبية. فبدلاً من تحدثنا عن شدة الجذب كما فعلنا في الفصل الخامس، فإننا الآن نسقط كلمة قوة من حسابنا ونفسر ظاهرة الجاذبية على أساس الامتزاج ذي الأربعة للزمان والمكان.

ويؤدي قانون الجاذبية بمقتضى نظرية النسبية إلى نتائج محددة تقريبًا مع النتائج المستمدة من قانون نيوتن. وتعتبر هذه الحقيقة بالطبع سندًا قويًا لنظرية النسبية، إذ أن خلف قانون الجاذبية لنيوتن أكثر من مائتي عام من التحقيق. ومع ذلك فحتى في وقت اكتشاف نيوتن عن طريق حسابات قامت

على أثاث نظرية نيوتن، تبلبلت أفكار الفلكيين بواسطة عدم الانتظامات البسيطة في مسار الكوكب عطارد. إن مداره كان معروفًا بأنه قريب جدًا من بيضاوي، ولكنهم وجدوا أن النقطة التي يكون فيها عطارد أقرب ما يكون إلى الشمس تتغير تغيرًا بسيطًا على مر السنين. وقد وجدوا أن الجزء الأكبر من هذا التغيير ناتج عن جاذبية كواكب أخرى ويمكن تعليله طبقًا لقانون نيوتن، ولكن هذا التعليل ترك مع ذلك تفاوتًا طفيفًا لم يكن في الإمكان تفسيره.

وظلت هذه المشكلة العويصة دون حل حتى عرف من نظرية النسبية أن عطارد يمكن أن تتحرك بالضبط من مدار مطابق لما اكتشفته الأرصاد الفلكية. وكان هذا أول تحقيق مباشر للنظرية الجديدة. وتوالت الإثباتات الأخرى بعد ذلك. وعلى ذلك فإنه يترتب على نظرية النسبية أن الضوء القادم إلى الأرض من نجم ما يجب أن ينحني عن مساره عند مروره قريبًا من الشمس. ويظهر هذا الانحناء نفسه بصورة واضحة في تغير طفيف في مواقع نجوم معينة بين بعضها البعض. وقد اكتشفت هذه التغيرات لأول مرة عند حدوث كسوف كلي للشمس في مايو ١٩١٩. ومثل هذا الاختبار عن طريق نظرية النسبية كان انتصارًا أيضًا للقياس الدقيق.

وقد أصبح هذا في حيز الإمكان فقط بفضل خطى التقدم الهائلة التي تمت في الفلك منذ بدء القرن التاسع عشر، تقدم نجم عن رسم خرائط للسموات بواسطة تلسكوبات أدخلت تحسينات عليها، وباستعمال التصوير الفوتوغرافي في الأرصاد الفلكية. وعلاوة على ذلك فقد نتج عن الأرصاد التي تمت لطيف الشمس تحقيق آخر لنظرية النسبية.

وعلى ذلك فإن الاختلافات الطفيفة بين النتائج المقررة طبقًا لنظرية نيوتن، والنتائج المقدرة طبقًا لنظرية أينشتين قد اختبرت تجريبيًا، ووجد أنها تثبت نظرية أينشتين. ومع ذلك فإن نظرية نيوتن تمدنا بنتائج دقيقة كافة لجميع أغراض الحياة العادية مثل التنبؤ بحدوث المد والجزر، والحسابات التفصيلية لحركات الشمس والقمر والكواكب. وتقع الأهمية العظمى لنظرية النسبية في أنها قد أدت إلى مراجعة لأفكارنا الأساسية، وأمدتنا بوجهة نظر جديدة.

ولقد رأينا كيف تغيرت الأفكار في اتجاهات أخرى منذ القرن الماضي، وكيف نعتبر الذرة جسمًا مكونًا من إلكترونات، ونيوترونات، وبروتونات. وقد يقول بعض الناس: كان الناس أيام دالتون يعتقدون في ذرات صلبة صغيرة لا يمكن انقسامها. والآن يخبرنا العلم أن الذرة نظام كهربي، وأنه من الممكن أن تتغير إلى شيء آخر. واعتدنا كذلك أن نفكر في قانون نيوتن الجاذبية كشيء في استطاعتنا أن نضع فيه ثقتنا. والآن يبدو أن النتائج التي وصل إليها العلم ترينا أنه لا يعلل بعض الظواهر التي تكشف التلسكوبات عنها، ولكن ربما نحاط علمًا في المستقبل القريب بشيء آخر. إذن فكيف نهتدي إلى ما نؤمن به؟ إن الإجابة عن هذا تتلخص في أن العلم لا يدعي حكمًا فاصلاً في أي من استنتاجاته. إن العلم يتقدم بنبذ نظرية تبين عدم صلاحيتها كما يتقدم بكشف حقائق جديدة. والحكم على نظرية ما يكون حسب نفعها. ولا مراء في هذه الحقيقة النهائية.

ويجب أن نذكر علاوة على ذلك أن الأفكار التي نستعملها تتوقف على المشكلة المطروحة على بساط البحث. ولا تقلل الاكتشافات الجديدة عن الذرة بحال من قيمة نظرية دالتون الذرية كأعظم أداة نافعة لدى

الكيماوي، فالذرة ما زالت وحدة غير قابلة للانقسام من ناحية التغيرات الكيماوية العادية. ولا يتوقف الكيميائي الصناعي الذي يحاول تكوين مركبات جديدة ليتدبر التركيب الكهربي للذرة، ولا يبلبل المهندس الذي يقوم بتصميم الأنفاق والكباري أفكاره بهندسة غير تقليدية. وعلى ذلك فإنه على الرغم من أن العلم الحديث يأخذ بأفكارنا إلى نواة الذرة، وكذلك إلى مناطق الفضاء الواقعة بين النجوم، إلا أننا مازلنا بالنسبة لمشاكلنا العادية نحتفظ بأقدامنا على الأرض.

الفصل الرابع عشر

قوى جديدة ومواد جديدة

١- مظاهر العلم الحديث

لقد رأينا ونحن نسرد قصتنا كيف انتزع رجال العلم من الطبيعة بعض أسرارها، وكيف أن عاملاً قد مهد الطريق للآخر، وكيف أن إشارة تركها أحد الناس أتت ثمارها فيما بعد في تفكير شخص آخر. لقد نما العلم في الحقيقة عن طريق جهود كثير من العاملين ولكن تعاون الجهود اليوم أمر حتمي على مدى لم يكن معروفًا في الأزمان السالفة. لقد كان في استطاعة شخص كـ بريستلي أو شخص كـ دالتون أو فاراداي أن يعمل بمفرده مستعملاً آلات من صنع يده. ولكن على الرغم من أن منبع الاكتشاف العلمي كان كما هو الآن النبوغ الفردي، إلا أن الباحث اليوم مهما كان من عظمة حماسه المتقد قد يصبح لا حول له ولا قوة بدون مهارة الصانع الكيميائي وصانع المعادن والمهندس. لقد مضت من أزمان بعيدة أيام المفتاح، والطائرة الورقية، وقطعة الخيط[1]. إن رجل العلم اليوم قد يحتاج إلى إمدادات من أنحاء بعيدة من الأرض زيادة على الأجهزة المقامة في بناء متسع والتي ترعاها هيئة من الفنيين. وقد تكون التقديرات التي تقوم عليها الأبحاث الحديثة فوق متناول القوى الرياضية لجهود فرد واحد، ونتيجة لذلك قد يحتاج إلى معونة جهاز

([1]) المواد البسيطة التي جلب بها بنجامين فرانكلين (١٧٠٦– ١٧٩٠) الكهرباء من السحب وبهذا كشف عن طبيعة البرق. وقد ذكر لورد برغام (١٧٧٨– ١٨٦٨) حينما كان يحث على مراعاة الاقتصاد الشديد في الإنفاق على معاهد الميكانيكا في أوائل القرن التاسع عشر جهاز فرانكلين القليل التكاليف.

معقد يطلق عليه غالبًا اسم المخ الكهربي. وهو يتركب من شبكة من الدوائر يمكن بواسطتها توزيع النبضات الكهربية واختزانها. ولا يجب فحسب أن يقوم جهاز أوتوماتيكي، حتى ولو ابتكره الإنسان، بالعمل الآلي، إذ غالبًا ما تحتاج الأبحاث الحالية فريقًا من العاملين، كل في اختصاصه.

٢- الظواهر السطحية

إنه يبدو غريبًا لأول وهلة أن تكون دراسات عالم الفيزياء لفقاعات الصابون وللأغلفة السائلة ذات عون للخزاف في حرفته التي استمرت أبد الآبدين. ولكن حلقة الاتصال هي دراسة الشد أو التوتر السطحي كما يسمى، وهو الذي يجعل فقاعة الصابون تتماسك. وبنفس الطريقة يغلف إناء الفخار الذي ألقي حديثًا في دولاب الخزاف بطبقة رقيقة جدًا تجعله يحتفظ بشكله. وتتكون هذه الطبقة الرقيقة من جسيمات متناهية في الصغر، أو مخلوط غروي كما يسمى. والاحتفاظ بشكل مثل هذا الإناء الخزفي وجفافه مسائل تتعلق بالتوتر السطحي. وعلاوة على ذلك فقد تبين أن الخاصية المميزة للخزف التي يمكن تشكيله بها تتوقف على حجم الجسيمات الغروية. ولقد تعرض العلم لهذا بابتكار طرق لمعرفة عدد الجسيمات في المخلوط الغروي في الخزف. وقد تسبب عن هذا درجة من الرقابة على المنتجات التي تم صنعها أكبر مما تسمح به الطرق التقليدية لهذه الحرفة.

ولدراسة الفقاقيع والرقائق علاقات مهمة بطريقة مستعملة في عزل خامات المعادن. وتعتمد تلك الطريقة على الاختلافات في التوتر السطحي لمواد مختلفة في الخام المسحوق حينما يكون ملامسًا لسائل. ويمكننا مقارنة هذه العملية بعملية المطهرات الحديثة التي تحرص ربة البيت حرصًا

شديدًا على شرائها. إن الماء ينزلق على أية مادة شحمية كما ينزلق على سطح بطة، ولكن المطهر يزيد من قوة بلل الماء. وبمعنى آخر ينقص من التوتر السطحي. وينجم عن ذلك أن تتبلل الملابس التي تغسل بسرعة، وتطفو القذارة بعيدًا عنها. وكذلك فحينما يضاف عامل مناسب محدثًا رغوة إلى خام مختلط بماء ويحرك المخلوط كله تحريكًا تامًا، فإن بعض الجسيمات تتجمع حول الفقاعات وترتفع إلى السطح، بينما تتبلل الأخرى وتغوص إلى أسفل. إن العلم يمدنا بالعوامل الرغوية، وقد ثبت أن هذه الطريقة طريقة اقتصادية بدرجة كبيرة بالنسبة لعدد كبير من الخامات.

ولفحص الأغلفة الرقيقة الأخرى – أي تلك الأغلفة التي على سطوح المعادن – علاقة بمشاكل اقتصادية خطيرة، مشاكل الصدأ والتآكل([1]). وتأخذ مثل هذه العمليات مجراها دون أن تظهر للعيان بدرجة أنه قد يتسبب عمود متحرك متآكل في بطء حركة سفينة، أو حتى تتسبب دعامة صلبة صدئة في انهيار جدار. لقد أدركت خطورة المشكلة منذ زمن طويل. وقد أوحت مشاهدة التآكل غالبًا بجوار الشقوق، والوصلات المبرشمة، والوصلات الملحومة، وعند نقط اتصال المعادن المختلفة بأن السبب ربما يكون كيماويًا كهربيًا في نشأته.

وقد أيد البحث العلمي هذا، وأبان أن ميل معدن للتآكل يمكن التعبير عنه بأعداد ذات علاقة بالحالة الكهربية بين المعدن والهواء والمحلول المتصل به. وعلاوة على ذلك فقد ثبت أن سطوح المعادن التي تتعرض للهواء الجاف تكسى بغلاف رقيق سمكه سمك طبقة أو طبقتين من جزيئات

([1]) قدر المرحوم السير روبرت هادفيلد الخسارة السنوية الناتجة مما يحدثه الصدأ فقط في العالم من إتلاف بحوالي ستمائة مليون جنيه.

المادة. وهذا الغلاف الرقيق جدًا يصبح وقاية ضد التآكل، وبذلك يكتسب المعدن ما يسمى بالحالة السلبية. وبصرف النظر عن الفائدة الجوهرية لمثل هذه الدراسات، فإنها قد أدت إلى عدد من الطرق يمكن منع التآكل بواسطتها. وتتلخص إحدى هذه الطرق التي قد نطلق عليها الهجوم الكيماوي الكهربي المباشر في إيجاد رسوب تحليلي كهربي مضاد تمامًا في أثره للرسوب الذي قد ينتج عن التآكل. وهذا في المبدأ شبيه بتكوين خلية فولتية يوقف الرسوب فيها تيار خارجي، وكذلك ما ينتج عن ذلك من تآكل أحد الأقطاب.

وتتلخص طرق أخرى في إعداد معادن تقاوم التآكل مثل ألواح صلب للسفن تحتوي على ١،١٦% من النحاس، ٣،٧٥% من النيكل تقاوم أثر ماء البحر أكثر من الألواح الأخرى. ويمكن إعداد الأغلفة المعدنية الواقية لبعض الأغراض بواسطة الزنك أو الألمنيوم على هيئة مسحوق ملامس للسطح المصنوع من الحديد أو الصلب. وبهذه الطريقة يدخل المعدن الواقي إلى الشقوق. وقد ثبت أن هناك أنواعًا معينة من التآكل الذي يتم تحت سطح الأرض لأنابيب المياه والأنابيب الأخرى ناتجة عن بكتريا تواصل أوجه نشاطها المهلك في أنواع التربة الطفلية التي تزخر بها بريطانيا العظمى. وعلى الرغم من أنه قد أمكن معرفة هذه البكتريا بواسطة المجهر الإلكتروني[١]، إلا أنه لم تكتشف للآن طرق فعالة لمحاربتها.

إن فحص أنواع التربة تحت المجهر وقياس الأغلفة الرقيقة التي توجد على سطح المعادن قد يتلهى بذكرها المتفرج العابر. ولكن النتائج التي توصل

---

(١) جهاز معقد تتجمع بواسطته حزمة إلكترونية في بؤرة بواسطة مغنطيسات كهربية، يعطي تكبيرًا أكبر بكثير من تكبير أعظم الميكروسكوبات البصرية قوة.

الإنسان إليها ذات أثر بعيد المدى في حل المشاكل الاقتصادية، وكذلك في إيجاد طرق جديدة للبحث. والحقيقة أن كثيرًا من لأعمال الحديثة تتميز بدراسات دقيقة وبالفحص الدقيق للانحرافات عن القواعد المسلم بها عامة. ويتضح هذا على الأخص في الدراسات الحديثة المتعلقة بعلم الفضاء، تلك الدراسات التي سنتحدث عن بعضها في الصفحات التالية.

٣- التوربين النفاث

إن التقدم الذي أحرزه الطيران منذ أول رحلات طيران قام بها الأخوان رايت منذ خمسين عامًا أدى إلى النجاح المتعدد النواحي الذي أحرزته الطائرات الضخمة النفاثة ذات المحركات الأربعة، الكوميت دى هافيلاندر، إنما هو سجل لجهود مضنية لتصميم آلة ذات شكل ومادة مناسبة مع المراعاة اللائقة لميكانيكا السيارات. إنه سجل تميز بكثير من التجارب، وكثير من مرات عدم التوفيق، دعمه استقصاء علمي دقيق، وعضدته روح مخاطرة لا تقهر. ولقد ظل اكتساب القدرة على الطيران أمنية الإنسان ردحًا طويلاً من الزمن. وعلى الرغم من ذلك فإن صاحب المزامير[1] لم يكن في وسعه إلا أن يتنهد أسفًا لعله يعار أجنحة يمامة يطير بها. وهلك إيكاروس[2] نتيجة مطامحه. وقد نجمت أول رحلات طيران ناجحة عن الإلمام بمقاومة الهواء من جهة، ومن جهة نتيجة الإلمام بقوة الرفع إلى أعلى وما نجم عن دلك من بناء طائرة ذات شكل وثقل وقوة مناسبة.

---

[1] داود عليه السلام (المترجم)

[2] إيكاروس حسب الأساطير الإغريقية هو ابن دادالوس الذي كان صانعًا تميز بالدهاء، طار هو ونجله إيكاروس بواسطة أجنحة ثبتت في أكتافهما بشمع من كريت إلى إيطاليا. لقد وصل دادالوس سالمًا، ولكن إيكاروس طار حتى صار على مقربة من الشمس التي أذابت الشمع فسقط إلى البحر. (المترجم)

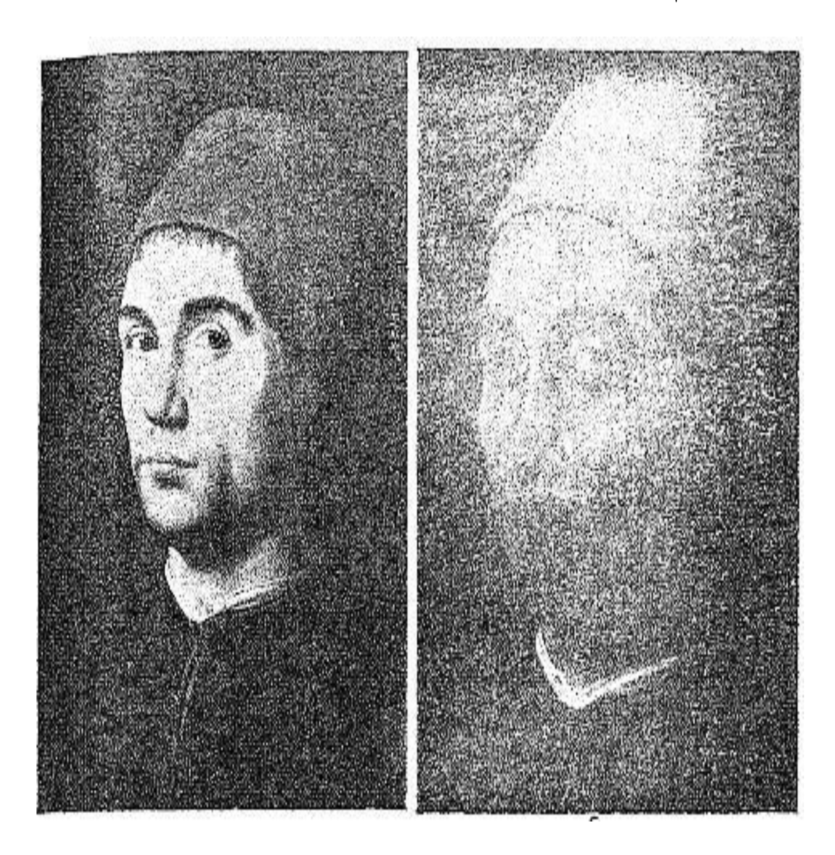
إن قوة الجو الرافعة لسطح مستو يتحرك أفقيًا قد استعملت بالطبع بواسطة أجيال من الصبية حينما كانوا يدافعون بطائراتهم الورقية لتسبح في الهواء. وقد تأيد مبدأ الرفع هذا بواسطة بيرونوللي (١٧٠٠- ١٧٨٢) الذي خلد اسمه بواسطة مبدئه المشهور- الذي يتلخص في أنه حينما تزداد سرعة تيار سيال في أية نقطة، فإن الضغط عند تلك النقطة يكون أقل من الضغط في اتجاه انسياب التيار. وقد عرف بيرونوللي أن الهواء يقاوم الأشياء التي تتحرك خلاله، ولكنه كان يعتقد أن جسيمات الهواء حرة أن تتحرك بين بعضها البعض بدرجة أن إحدى الطبقات لا تستطيع إعاقة طبقة مجاورة عن الحركة. وبمعنى آخر اعتقد أن الهواء لا لزوجة له.

وعلى الرغم من أنه عرف اليوم أن هذا الفرض فرض غير صحيح، إلا أنه لم يكن مصدر خطأ خطير حتى حلت أيام الطيران عبر الفضاء. ولكن حينما بدأ المهندسون يمخرون الهواء بمحركات طائرتهم، تحتمت دراسة لزوجة الهواء. لقد تحقق عندئذ أن لزوجة انسياب الهواء هو الذي يجعل طيران الطائرة ممكنًا. وهذا الانسياب الناتج عن ضغوط في طبقة الهواء المحيطة بالطائرة من جهة، ومن جهة إلى الدوامات الهوائية التي تتكون في أثر التيار المنساب فوق الأجنحة يجب أن يكون ذا قدر يمكن السيطرة عليه لكي تكون هناك قوة رفع مناسبة بواسطة المحرك وأقل قدر من الهواء المطروح (شكل ٣٩) وقد وجد الكثير من الأبحاث التي تمت حديثًا إلى تصميم سطح انسيابي تتوفر فيه هذه الشروط.

وأثناء سنين الحرب (١٩٣٩- ١٩٤٥) أثار نبأ اختراع الطائرة النفاثة المقاتلة التي تستخدم توربينًا غازيًا مستغنية بذلك عن آلة الاحتراق الداخلي

والمحرك اهتمام الرأي العام، ويرجع الفضل الأكبر في نجاح المحرك النفاث كما يسمى الآن إلى جهود قائد الأسراب (الآن السير) فرانك هوتيل.

لوحة رقم ٢٧

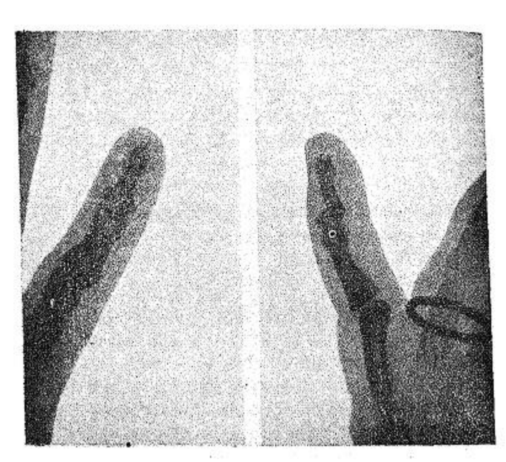


استخدام الأشعة السينية في فحص صورة– رأس إنسان الفنان أنتونيللوا مسينا (حوالي ١٤٦٠– ١٤٧٩) في الضوء العادي وتحت الأشعة السينية.

ويلاحظ أن كلتا العينين في الصورة قد غيرتا. وتدل البقعة البيضاء في الجبهة على تصليح، وتظهر تجزيعة اللوح الخشبي إذ كان الإشعاع رقيقًا جدًا.

(معاد تصويرها بعد إذن كريم من المشرفين على صالة العرض القومية، لندن)

لوحة رقم ٢٨



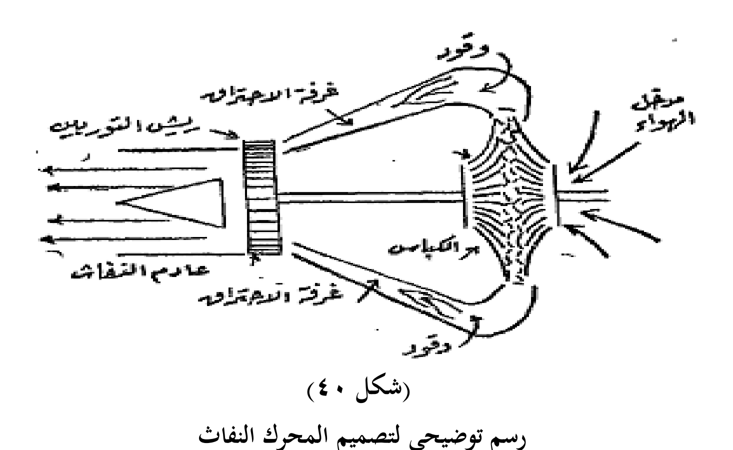
صور أشعة سينية لإصبع إنسان أمامية خلفية وجانبية
تبين الصورة اليمنى وهي الصورة الجانبية كسرًا قديمًا في المفصل الأعلى

إننا نعرف من المعلومات التي استقيناها([١]) أن السير فرانك هوتيل خطرت فكرة استعمال توربين للتحريك النفاث بباله، وقام بتسجيل اختراعه بعد ذلك بعامين، ولكنه حينما أراد إثارة اهتمام وزارة الطيران لم تلق فكرته تشجيعًا. وفي عام ١٩٣٦ كونت شركة تدعى شركة القوى النفاثة المساهمة، برأس مال أساسي قدره ٢٠٠ جنيها للبدء في المحاولات التجريبية. وبعد ذلك بثلاثة أعوام اعترفت وزارة الطيران أن هوتيل قد وضع أسس آلة طيران عملية. وبعد ذلك لقي هذا المشروع تعضيدًا رسميًا، وتم إنتاج آلات مناسبة على مدى أوسع.

([١]) من "التاريخ الأول لتوربين هوتيل الغازي للتحريك النفاث"، بواسطة قائد الأسراب ف. هوتيل، من سجلات معهد المهندسين الميكانيكيين، مارس ١٩٤٦، ص- ٤١٩.

ويتكون التوربين الغازي في جوهره من جزأين أحدهما ريش التوربين المحملة على عمود والآخر وحدة كبس محملة على نفس العمود، هذا بالإضافة إلى منافذ مناسبة لإدخال الوقود، وأسطوانات لاحتراقه (شكل ٤٠).

وعند استعمال توربين الغاز في الطائرات النفاثة يؤخذ الهواء من الغلاف الجوي إلى الداخل مارًا خلال أنابيب في مقدمة جسم الطائرة، وبعد ذلك يمر خلال موزع إلى الكباس، حيث قد يرتفع الضغط من ١٥ رطلاً على كل بوصة مربعة إلى ٣٥ رطلاً، وبارتفاع مناسب في درجة حرارة ناتج عن المكبس. وبعد ذلك يمر الهواء المضغوط إلى غرف الاحتراق حيث يغذي لهب زيت برافين دائم الاشتعال، وضغط الغازات الخارجة من غرف الاحتراق هذه هو ٨٥ رطلا على البوصة المربعة، ودرجة حرارتها ٨٠٠ مئوية، وسرعتها تزيد عن ٥٥٠ قدم في الثانية. وتمر هذه الغازات السريعة الحركة خلال ريش دليلية إلى ريش التوربين التي تحرك العمود المتحكم في الكباس. وتخرج الغازات الحارة بعد ذلك مارة خلال فونية في ذيل الطائرة مصممة تصميمًا مناسبًا بحيث تكون تيارًا نفاثًا ذا سرعة عالية، يتسبب عن رد الفعل لتحرك الطائرة.



(شكل ٤٠)

رسم توضيحي لتصميم المحرك النفاث

والمبدأ المطبق في هذا بسيط مثله مثل أي اختراع آخر من الاختراعات الكثيرة؛ فنحن نعرف من قانون نيوتن الثالث أن الفعل ورد الفعل متساويان، وعلى ذلك فإذا ألقي شيء من جسم حر في تحركه، فإن ذلك الجسم يرتد في الجهة المقابلة. ويمكن توضيح هذا بعمل ثقب دبوس في منطاد مستطيل الشكل من مناطيد لعب الأطفال. إن هذا البالون يتحرك عندئذ في اتجاه مضاد للاتجاه الذي يسلكه الغاز النافذ. وفي حالة المحرك النفاث تكون سرعة الغازات عند خروجها سرعة هائلة، ولكن صغيرة الكتلة، بيد أن كتلة الطائرة كبيرة نسبيًا ونتيجة لذلك تكون سرعتها أقل، وذلك لأن كمية تحرك الطائرة وكمية تحرك الغاز المنطلق متساويان طبقًا لقانون نيوتن.

ولكن على الرغم من أن مبدأ رد الفعل معروف تمامًا، فإن تطبيقه في الطائرات لم يتطلب ذكاء خارقًا فقط كذكاء هوتيل، ولكنه تطلب أيضًا معونة الصناعة المعدنية الحديثة لإعداد سبيكة صلب تقاوم درجات الحرارة المرتفعة والضغوط العظيمة التي تنشأ عند تشغيل التوربين. وعلى الرغم مما أحرز من نجاح، فإن البحث مازال متواصلاً بغية إدخال تحسينات على ذلك.

وكانت الطائرة النفاثة الوحيدة التي استخدمت في حرب ١٩٣٩–١٩٤٥ هي الطائرة المطاردة النفاثة جلوستر. إنها صنعت جميعها من المعدن، وزودت بمحركين نفاثين([١]). ومنذ ذلك الوقت تم تقدم أكثر في الآلات النفاثة ذات السرعة العالية، وكذلك في آلات الغاز التوربينية المستعملة في تحريك المحركات والمسماة بالمحركات التوربينية. ويبدو أن المحرك النفاث أكثر ملاءمة للسرعات العالية جدًا، بينما المحركات التوربينية

([١]) يجب أن نتذكر أن ف. أ – أو القنبلة الطائرة الألمانية– كانت عبارة عن طائرة نفاثة، كان الانفجار الناتج عن بنزين غير جيد النوع ينتج ضغطًا هائلاً، وكانت الغازات المشتعلة تنطلق بسرعة عالية تسبب دفع الطائرة إلى الأمام.

أكثر كفاءة في السرعات المنخفضة نوعًا ولكن لمسافات طيران أطول. وقد استعمل التوربين الغازي فعلاً في سويسرا في القاطرات، وفي توليد قوة كهربية للصناعة. وعلى الرغم من التكاليف الباهظة للوقود السائل في بريطانيا، فإن الخطط قائمة على قدم وساق لاستعمال توربينات الغاز كالمحركات الأولى في محطات توليد الكهرباء.

٤- المواد الإنشائية

من المعترف به الآن أن الإنسان أقل اعتمادًا على المواد الخام التي يجدها حوله عما كان عليه في الأيام السالفة، وأنه أكثر اقتدارًا على صنع مواد ذات خواص يريدها. وليس هناك من مجال يظهر فيه هذا أكثر جلاء من مجال الصناعات المعدنية. لقد هيأت الكيمياء الحديثة للإنسان سيطرة على خواص الصلب تمكنه مثلاً من صنع صلب ذي درجة صلابة خاصة وصلب من الممكن سحبه، وآخر مقاوم للتغيرات الكبيرة في درجات الحرارة. ويمكن بمثل أنواع الصلب هذه صناعة التوربين الغازي، والتوربين البخاري، وآلة الاحتراق الداخلي، وكل العدد وآلات القياس المستعملة في الصناعة الحديثة.

وكان الصلب المستعمل في صنع أنصال السيوف في دمشق القديمة يطرق باليد. وقد تلقن الناس خلال القرون هذه الطريقة على يد صناع مهرة، ولكن الخطوة الأولى نحو إنتاج الصلب على مدى واسع لم تحدث حتى منتصف القرن التاسع عشر حينما أبان سير هنري بيسمر (١٨١٣– ١٨٩٨) كيفية إمكان إنتاج الصلب بثمن رخيص. وكانت عمليته تتكون من إمرار تيار هواء تحت ضغط خلال الحديد الخام الغشيم الذائب، يتحد بواسطته

الكربون والسليكون – اللذان يكونان الشوائب الرئيسية – مع أكسجين الهواء. وقد رفع هذا التأكسد الذي حدث في كتلة المعدن كلها درجة الحرارة بدرجة عظيمة، ونتج عن ذلك صلب بعد تيار استغرق فترة قصيرة جدًا. وقد برهنت هذه العملية على بساطتها وقلة تكاليفها.

ومنذ أيام بيسمر اتسع إنتاج الصلب اتساعًا هائلاً. وقد حدثت تعديلات فنية، وأصبح من الميسور الآن الحصول على أصناف كثيرة من أنواع الصلب للأغراض الخاصة. وقد أنتج الصلب المشهور الذي لا يصدأ لأول مرة كسبيكة صلب بسيطة بها نسبة متوسطة من الكربون و ١٤% من النيكل، و١٨% كروم. وهذا النوع من السبائك يقاوم التآكل، وهو أقل صلابة من الصلب المستعمل في الآلات القاطعة، ولكنه مناسب بدرجة عظيمة لصناعة أدوات مثل حوض الغسيل الحديث المصنوع من صلب لا يصدأ.

ولصناعة آلة قاطعة تعمل بسرعة عظيمة يتحتم وجود صلب على درجة خاصة من الصلابة وإضافة معدن التنجستون بنسبة تصل إلى ١٨%، وكروم بنسبة تصل إلى ٤% تعطي صلبًا يحتفظ بحدها القاطع حتى حينما يعمل في درجة الاحمرار الحراري. وسبائك صلب، نيمون ٨٠، التي تتطلبها صناعة الريش المتحركة لآلة التوربين النفاث، مقاومة للحرارة بدرجة خاصة. وهذه المواد هي نتيجة أبحاث معقدة في الإنشاءات المعدنية التي تتطلب تحليلاً بواسطة الأشعة السينية وكل ما أبدعته الكيمياء الحديثة من وسائل.

ويستعمل صلب ذو نسبة كربون منخفضة أو "لين" لأغراض إنشائية كثيرة – ألواح السفن والكمر، والروافد، وإطارات الصلب التي تشيد حولها المباني الكبيرة. ومع ذلك فإن سبائك ألومنيوم معينة تحل الآن محل الصلب

في الإنشاءات السقفية وأنابيب الصقالات التي تصنع من سبيكة ألومنيوم قوية بدرجة كافية، ولكنها أخف من الصلب، ومن شأن هذه الخفة أن تقلل بدرجة كبيرة من تكاليف النقل والبناء. ويصير الألومنيوم لينًا هو وسبائكه في درجة حرارة تبلغ ٥٠٠ مئوية حينما يدفع تحت ضغط خلال قالب (اسطمبة)، وهي عملية تعرف بعملية الإسقاط. وبهذه الطريقة يمكن بسهولة إنتاج أجزاء بشكل مرغوب فيه، وبهذا تكون ملائمة للبناء العاجل. وكانت تتكون كثير من المواد التي استعملت في الإنشاءات الزخرفية لمعرض بنك ساوث الذي أقيم سنة ١٩٥١ من سبائك ألمونية.

والطائرة الحديثة بسطحها الأملس وأجنحتها ذات الحواف الحادة هي بالطبع في مسيس الحاجة إلى مواد خفيفة قوية. ويستعمل مهندس الطائرات إحدى السبائك المسماة بالسبائك الخفيفة. وأهم هذه السبائك سبيكة الدورالومين التي تتكون من ٩٥% ألمونيوم و٤% نحاس، و٠،٥% منجنيز، و ٠،٥% زنك. وإحداث تغييرات في تركيب هذه السبائك الخفيفة وفي معالجتها بالحرارة ينتج مواد ذات قوة عظيمة. والمنجنيز هو أحد مكونات كثير من هذه السبائك. وإنه لمما يثير الاهتمام أن نلاحظ أن النقص في كميات المنجنيز أثناء حرب ١٩٣٩– ١٩٤٥ اضطر الكيميائيون الصناعيون في بريطانيا العظمى إلى أن يعودوا إلى الطريقة البدائية لتبخير ماء البحر ليستخرجوا من ملح البحر الناتج العشرة في المائة من كلوريد المنجنيز الذي يحتويه هذا الملح. وقد استعمل هذا حينئذ في الحصول على منجنيز نقي. وكان لا بد من تبخير ملايين الأطنان من ماء البحر، ومع ذلك فقد ثبت نجاح هذه الطرق اقتصاديًا.

وخلال الثلاثين سنة الأخيرة حلت الخرسانة المسلحة – أي خرسانة من أسمنت بورتلاند مقواة بواسطة أسياخ من الصلب – محل الحجر والآجر والخشب في البناء. وتتكون الخرسانة من مزيج من حجارة صغيرة ورمل، وماء ومادة أسمنتية مصنوعة من الجير والطفل. ويصب المخلوط وهو في حالة لينة في قوالب من خشب أو صاج محتوية على أسياخ التسليح. ويساعد الصلب على تماسك الخرسانة بعضها من بعض، ويتصلب المخلوط كله إلى كتلة تشبه الصخر.

وتقاوم الخرسانة المسلحة الضغط وتستعمل في إنشاء الطرق، والكباري، والأنابيب، وأنابيب المجاري، وكذلك في الأسقف والروافد والأرضيات. وغالبًا ما تباع مصبوبة بالفعل لروافد الأبنية. والبناء بالخرسانة المسلحة قوي، وضد الحريق. ولقد عود استعماله سكان المدن على العمارة التي تمتاز بالبساطة التامة. وتمكن المواد الحديثة الناس من البناء دون استعمال القوس التقليدي والأعمدة الرافعة التي كانت ضرورية أيام البناء بالحجر. ويميل المهندسون المعماريون إلى أن يفكروا فحسب في المواد الإنشائية التي يستعملونها، وفي استعمال الأشكال الزخرفية التي يمكن صنعها في قوالب مثل الخرسانة ذاتها، والتي لا تبدو أنها من عمل أزميل النحات. وهو يستغنون عادة في حالة الأبنية البسيطة عن الزخرفة تمامًا ويستخدمون طريقة معمارية من خطوط مستقيمة خالية من الأقواس، وغير مثقلة بزخرفة لا لزوم لها.

٥- اللدائن

لقد صاحبت الاتجاهات صوب قدر أعظم من البساطة في التصميم

المعماري تعديلات في الأجهزة المنزلية، وسهل إنجاز التصميمات الحديثة إنتاج نوع جديد تمام الجدة من المواد سمي باللدائن (المواد البلاستيكية) وهذه المواد التي تتضمن المواد المستعملة في صناعة مقابض السكاكين والفناجين وأطباقها وأجهزة التليفون، ومواد التنجيد ليست لدنة بمعنى أنه يمكن تشكيلها باليد كالخزف أو البلاط. ولكن على الرغم من ذلك، فإن كثيرًا منها في مرحلة من مراحل إنتاجها تشكل بتأثير الحرارة أو الضغط أو السحب فيتكون منها خيوط رفيعة؛ ولذلك فمازال اسم اللدائن يطلق على الناتج النهائي.

ويبلغ عدد اللدائن المدونة في سجلات الصناعة الآن عدة مئات، يشبه بعضها الراتينجات الطبيعية ويشبه بعضها المطاط، ولكنها مدينة كلها بخواصها الخاصة إلى اتحاد مركبات الكربون سويًا مكونة بذلك سلسلة طويلة من مجموعات جزئية متشابهة تسمى البوليمارات. ويتكون السيلولوز مثلاً وهو بوليمار طبيعي من سلسلة طويلة من وحدات الجلوكوز. ولو تصورنا جزيئات الجلوكوز مصطفة بجانب بعضها بعضًا مع تفاعل مجموعات الأدروكسيل وإزالة الماء فإننا نحصل على صورة لسلسلة السيلولوز. واستعمل الكيميائيون السيلولوز أساسًا لاشتقاق أعداد كبيرة من المركبات الأخرى بإحلال مجموعات أخرى من الذرات محل الأدروكسيلات. وعلى ذلك فبإدخال مجموعة نيتروجينية (ن أ ٢) على جزئ سيلولوز ينتج النترو سيلولوز الذي عندما يعالج بالكافور والكحول يترك بعد التبخر كتلة قرنية تعرف باسم السيلولويد[١] وتستخدم هذه كبديل رخيص للعاج، كما يصنع منه صحائف

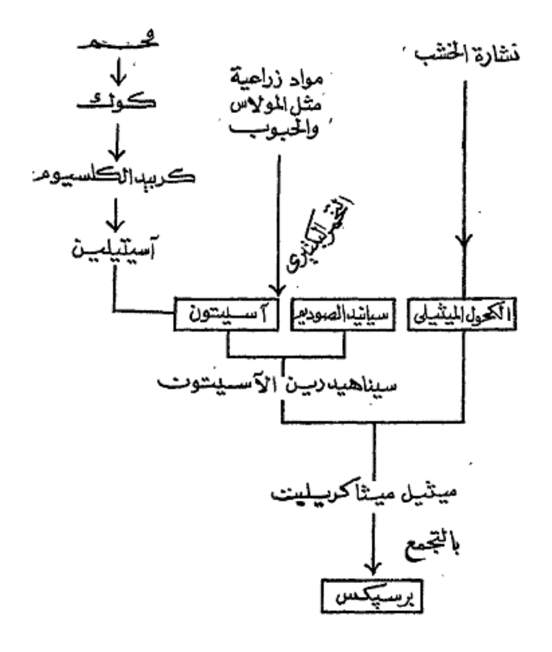
---

(١) السيلولويد مادة صلبة شفافة من السيلولوز والكافور. وتصنع الأمشاط وأدوات الزينة وآلات التصوير والأفلام غالبًا من السيلولويد الأبيض أو الملون. (المترجم)

رقيقة تستخدم في صنع الأفلام السينمائية.

ويحتفظ السيلولوز بأهميته كمعدل أساسي في صناعة اللدائن، ولكن معرفة الكيميائيين بتركيبه السلسلي كانت حافزًا لهم على البحث عن مواد ذات خواص مشابهة. وفي خلال العشرين سنة الأخيرة صنعت أعداد كبيرة من البوليمارات من أيدروكربونات بسيطة. وأحد هذه البوليمارات الاصطناعية، واسمه التجاري بوليثيلين، هو بوليمار أثيلين أيدروكاربوني ناتج عن تعرض الإيثيلين لضغط عال مع وجود مادة محفزة، إنه خفيف الوزن، وعازل كهربي تام لا ينفذ الماء خلاله إطلاقًا.

ومثل آخر من أمثلة اللدائن الاصطناعية التامة، يعرف بالاسم التجاري برسبكس الذي يشمل قدرًا كبيرًا من المواد الشبه زجاجية. وأحد اللدائن المهمة في مجموعة البرسبكسهو بوليمار ميثيل الميثاكربليت (شكل ٤١) المشتق من الأسيتون وميثيل الكحول. ويمكن الحصول على هذه المواد على نطاق واسع من الموارد الطبيعية. ويشتق الأسيتون من الأستيلين المصنوع من التخمير البكتيري للمولاس أو من الفحم بطريق غير مباشر. وعلى الرغم من أن الكحول الميثيلي غالبًا ما ينتج صناعيًا إلا أننا نحصل عليه من المواد العادمة للخشب كالنشارة مثلاً.



(شكل ٤١) مصادر البرسبكس

وبوليمار الميثيل ميثاكريليت ذو درجة شفافية عجيبة، إذ يمكن رؤية الأشياء خلال شريحة منه سمكها ثلاثة أقدام. وله كذلك معامل انكسار عال بحيث أن الضوء المار خلال أنبوبة منه يعاني انعكاسًا داخليًا بدرجة كبيرة حتى أن الضوء يتبع، كما نقول، في مساره انحناء الأنبوبة. ولهذا السبب يستعمل الجراح أنابيب برسبكس بنور في أحد أطرافها للكشف على حلق المريض، أو أعضاء الجسم الشديدة التعمق في الداخل. والبرسبكس غير موصل للحرارة أو الكهرباء، ولذلك فليس هناك خطر في زيادة سخونته الموضعية. واللدائن البرسبكسية متينة كذلك وغير قابلة للتفتت، وهي ميزات تجعلها ذات قيمة كبيرة لنوافذ الطائرات وكصفائح مموجة للإضاءة السقفية.

وتباع كثير من اللدائن الراتينجية على هيئة مساحيق للصباغة تصنع عن طريق خلط المادة البلاستيكية بصبغة ومعجون حشو مثل نشارة الخشب، أو

ألياف القطن والكتان المنقوعة أو الأسبستوس. ويدفأ المخلوط حتى يسيل، ثم ينزلق على دواليب ويبرد ويهرس حتى يصير مسحوقًا. وعندئذ يكون معدًا لوضعه في قالب، وبعد ضغط وتسخين لدرجة معينة يتكون جسم صلب متين يتخذ شكل القالب بالضبط. ونجد في جميع الحالات أن السلسلة الطويلة المتماسكة سويًا بواسطة الوصلات الكيماوية هي التي تعطي البلاستيك الخواص الميكانيكية كالصلابة ومقاومة الشد. وتجعله المادة الراتنجية الصلبة المعروفة بمادة الباكليت(1) يحتفظ بشكله بعد التسخين والضغط. وذلك لأن السلاسل الكربونية تنضم إلى بعضها ككتلة شديدة التماسك. وفي أنواع البلاستيك الأخرى مثل أنواع المطاط الصناعي الكثيرة العدد، نجد السلاسل الكربونية أكثر تفككًا، ولذلك فعندما تمتط المادة فإن الجزيئات تفك نفسها وتقع في اتجاه الشد، ثم تعود إلى حالتها حينما يتوقف التمدد.

وقد أبانت الأدلة المستقاة من تحليل الأشعة السينية أن الألياف الطبيعية مثل الصوف والكتان والحرير تقع جزيئاتها الطويلة ملتصقة بعضها ببعض في حزم، أو أيونات غروية كما تسمى. وعلاوة على ذلك وجد أن الحرير الطبيعي الذي تنتجه دودة القز هو بروتين ذو طبيعة تتكون من وحدات فرعية من الذرات تقع في أيونات غروية تتخذ أطرافها نفس الاتجاه. وكانت المشكلة التي واجهت الكيميائيين الذي كانوا يبحثون عن بديل للحرير تتلخص في تخليق مادة بتركيب يشبه تركيب الحرير الطبيعي.

وبعد بحث طويل وجد أن مركب الكربون المتكون من ست مجموعات ميثيلين ومجموعتين من مجموعات الأمين المعروفة باسم سداسي ميثيلين

---

(1) سميت باسم مكتشفها ل. هـ. بيكيلاند (١٨٦٣– ١٩٤٤) وهي راتينج مصنع من الفينول والفلورمالدمايد. (المترجم)

ثنائي الأمين([1]) باتحادها مع الحامض الدهني وإزالة الماء، وهي عملية تعرف باسم التكثف تعطي مركبًا ذا سلسلة طويلة بخواص شديدة الشبه بخواص الحرير. وقد نتج عن حل المشاكل الفنية للغزل والنسيج مادة جديدة، النايلون، بمقاومة شد ضعف مقامة شد الحرير الطبيعي تقريبًا، وبمتانة ومرونة لا تتأثر بالرطوبة فعلاً. واستخدمت مزايا النايلون هذه في صناعة الباراشوتات (المظلات الهابطة) وحبال المناطيد، وفرش الأسنان، وفي التطريزات الجراحية، وصنع جوارب الجسم([2]).

٦- التليفزيون والرادار

يتميز عصرنا الحديث بالسهولة التي تتم بها الاتصالات دون تدخل بشري، والسهولة التي يقف بها جزء من العالم على ما يجري في غيره من الأماكن. إن استعادة تسجيل الصوت على فيلم أو تليفزيون، وكذلك أجهزة الإشارات الأوتوماتيكية في السكك الحديد الكهربية وفي تنظيمات المرور ظواهر مألوفة لنا في حياتنا اليومية. إن كل هذه تعتمد على الخلية الضوئية الكهربية التي تسمى إيجازًا باسم الخلية الضوئية.

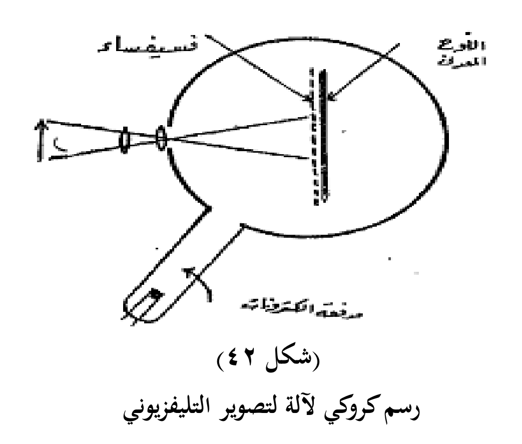
وفي مثل هذه الخلية يتسبب الضوء الساقط على سطح معد إعدادًا مناسبًا في انبعاث إلكترونات منه تبدو كتيار كهربي، ومن الممكن تحويل أي اهتزاز في شدة الضوء كالذي قد يتسبب فيه قطار مار، أو لص يسطو على حجرة، أو تحرك حزمة من البضائع على سير نقل إلى تيار كهربي متغير بواسطة الحلية الضوئية. ويمكن بسهولة جعل هذا التيار يدق جرسًا، أو يحرك

([1]) إن المادتين، الحامض الدهني وسداسي ميثيلين ثنائي الأمين، اللتين تتكافئان غالبًا ما تنتجان من الفينول الذي يعرف عادة باسم حامض الفينيك، الذي هو نفسه مشتق من البنزين أحد المنتجات المقطرة من قطرات الفحم.

([2]) النسيج الرقيق من الغربة أو الشاش (المترجم)

إبرة جلفانومتر، أو يدير أي جهاز إشارة آخر. وعلى ذلك ففوائد الخلية الضوئية متعددة النواحي لا بالنسبة لأجهزة الإنذار بالسطو أو بحدوث حريق وأجهزة الإشارة الأخرى فحسب، بل أيضًا كوسيلة من وسائل العد الأوتوماتيكي في المصانع، وحتى كوسيلة كشف دقيقة لكمية الهيموجلوبين في دم الإنسان.

ومن الاستعمالات الممتعة للخلية الضوئية الكهربية استعمالها في التليفزيون الذي تستخدم فيه مئات الآلاف من خلايا أكسيد السيزيوم الدقيقة المترسبة على فضة. وحينما يذاع منظر بالتليفزيون كمنظر ممثلين يقومون بالتمثيل على مسرح، أو حفلة تحية العلم، تستعمل آلة تصوير خاصة تتركز بها الصورة لا في بؤرة على لوحة تصوير أو على فيلم، بل على ما يسمى فسيفساء مكونة من عناصر سيزيومية تتأثر بالضوء موجودة على أحد أوجه لوحة الميكا. أما الوجه الآخر فمتصل بقطب معدني بحيث يصبح كل عنصر مكثفًا كهربيًا صغيرًا (شكل ٤٢).



(شكل ٤٢)

رسم كروكي لآلة لتصوير التليفزيوني

ويسقط باستمرار أثناء إذاعة المنظر تليفزيونيًا ضوء ذو شدة متغيرة على خلايا السيزيوم الصغيرة المختلفة، التي تنبعث منها حينئذ إلكترونات

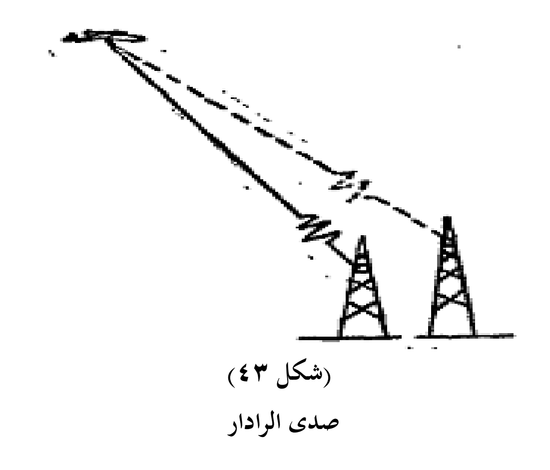
تتناسب مع شدة الضوء الواقع عليها. ويسمح أثناء ذلك لحزمة من الإلكترونات بالمرور على الفسيفساء أو مسحها، وعلى ذلك فهناك سلسلة تغيرات في الجهد الكهربي للإلكترون المعدني. وتكون هذه التغيرات التي تحدث بسرعة كبيرة إشارة الصورة التي يمكن تكبيرها ونقلها إلى جهاز إرسال التليفزيون.

وهناك في الطرف المستقبل هوائي يلتقط الموجات الكهرومغنطيسية ذات الذبذبة السريعة التي تتكون الإشارة منها، وينقل الهوائي تلك الموجات على هيئة تيارات مترددة إلى أحد ملفي أنبوبة الكاثود أو الأوسلوجراف([1]) كما تدعى. وينبعث من الكاثود الساخن في هذه الأنبوبة وابل من الإلكترونات تضغطها الألواح العاكسة إلى حزمة رفيعة جدًا موجهة إياها إلى أسفل بحيث تقوم مقام مؤشر دقيق. وفي الإمكان جعل هذه الحزمة تمسح الطرف البعيد للأنبوبة المغلفة بمادة متوهجة. وتجرى عملية المسح بسرعة حتى أن الحزمة تمسح ٤٠٥ خطأ في ١/٢٥ من الثانية. وتتسبب عن الإشارات الصادرة من الهوائي الذي يعلو هذه الحزم الماسحة بقع دقيقة مختلفة في شدة استضاءتها تصور للناظر حركات الممثلين أو الحركات العسكرية أثناء استعراض خيالة الحرس.

إن مسجلة ذبذبات أشعة الكاثود (المهبط) جزء جوهري من أجزاء جهاز الرادار، تلك الوسيلة من وسائل الاتصال التي ابتكرت أثناء الحرب العالمية الثانية والتي تتمكن بواسطته محطة أرضية من إرشاد طائرات القتال

([1]) أو المسجلة، وتستعمل في تسجيل ذبذبة التيار. (المترجم).

إلى أهدافها، ويمكن بواسطته أيضًا الكشف عن طائرات العدو على بعد أميال وسط الظلام والسحاب والضباب.



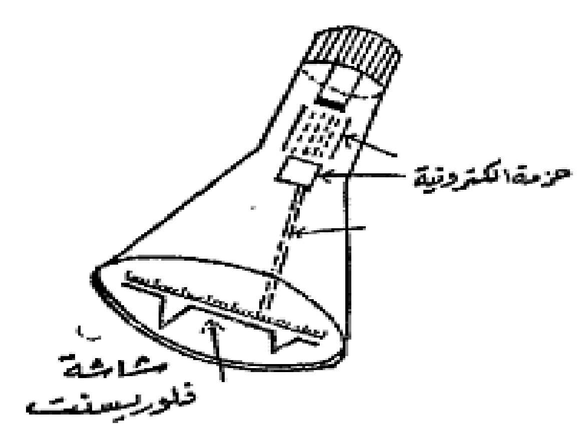
(شكل ٤٣)

صدى الرادار

والمبدأ الأساسي للرادار هو التقاط صدى الموجات اللاسلكية المرتدة من طائرة أو من أرض وجهت هذه الموجات إليها. ويقدر بعد الشيء من الوقت الذي يأخذه الصدى في انتقاله من الجسم إلى المشاهد (شكل ٤٣). ويرجع الإلمام بانعكاس الموجات اللاسلكية إلى البحث الفيزيائي الأساسي الذي حدث أثناء عشرينيات هذا القرن، ولكن تصميم الآلات لإرسال حزمة لاسلكية قوية، والكشف عن الأصداء بالوسائل البصرية تم نتيجة لطلبات الحرب الملحة.

وفي هذا الموضوع: موضوع تسجيل الصدى وتمكين المشاهد من قراءة مقدار المسافة بينه وبين الشيء العاكس على مقياس، برهنت مسجلة أشعة الكاثود للتذبذبات أنها ذات قيمة كبيرة. وتتحرك هذه الإلكترونات الرفيعة الصادرة من المسجلة بانتظام عبر شاشة الفلوريسنت كما يحدث في جهاز الاستقبال التليفزيوني. ومع ذلك ففي جهاز الرادار ينظم التوقيت بحيث

يكون هناك خط مشاهد على شاشة الفلوريسنت، وفي نفس الوقت يجعل التلامس الكهربي الذي يتسبب في تحرك الحزمة الإلكترونية جهاز الإرسال يرسل نبضة من الموجات اللاسلكية، ويظهر هذا بوضوح في التواء في خط الفلوريسنت. وتذهب النبضة بالطبع إلى الفضاء، وإذا قابلت طائرة أو أي جسم آخر اعترضها، يرتد صداها وترى كالتواء أو اعوجاج في الخط. وتعتبر المسافة بين الالتوائين مقياسًا للوقت الذي تأخذه النبضة في الانتقال إلى الطائرة وارتدادها ثانية، وعلى ذلك تتناسب مع المسافة بين الطائرة وجهاز إرسال الرادار، ولا يتكلف المشاهد سوى قراءة المسافة على مقياس أمامه (شكل ٤٤).



(شكل ٤٤)

رسم كروكي لمسجلة أشعة المهبط للتذبذبات

وما الصدى اللاسلكي إلا جزء بسيط جدًا للطاقة الكهرومغنطيسية الساقطة على الطائرة أو على أي جسم آخر يعترضها، وهذه الطاقة كذلك ما هي إلا جزء صغير من مجموع الطاقة التي يرسلها جهاز الإرسال. لذلك كانت مشكلتنا تنحصر في تصميم جهاز استقبال حساس جدًا بدرجة تجعله

يستجيب لأي دافع. وكانت المشكلة الأخرى هي صنع جهاز إرسال ذي أبعاد مناسبة يرسل حزمة ذات ذبذبة عالية، وتكون بذلك ذات موجات قصيرة. وقد أدت الأبحاث الدقيقة والمهارة الفنية إلى إنتاج جهاز إرسال الممغنطون– يصدر موجات طولها أقل من عشرة سنتيمترات، وحزمة يمكن تركيزها في بؤرة بعيدة عن الأرض، ولذلك تكون قادرة على الكشف عن أية طائرات تطير على ارتفاع منخفض.

ويشير هذا الإيضاح الشديد الإيجاز إلى ما يعرف الآن باسم الرادار الابتدائي – أي الصدى اللاسلكي من جسم لا يرسل إشعاعًا من تلقاء ذاته – وفي خلال الأعوام الحديثة أثار نجاح الرادار الثانوي اهتمامًا بالغًا، ذلك الرادار الذي يوجد فيه إرسال مستقل عن الجسم بحيث يتميز الصدى بميزات جديدة تمكننا من التعرف على المصدر. وعلى ذلك فهناك في ميرسيسيه اليوم رادار ثانوي يعطي بواسطة جهاز إرسال تليفون لاسلكي معلومات دقيقة لأية سفينة عن موقع أية سفينة أخرى أو أية صورة([1]) بحرية (شمندورة) في بحر المانش كله، وبذلك توفر انتظار أيام كثيرة وسط الظلام وضباب البحر. وما هذه إلا إحدى استعمالات الرادار الذي تعد استعمالاته الآن من المستلزمات العادية لجميع أنواع الملاحة البحرية والجوية.

٧- الطاقة الذرية

كان الإنسان في الواقع يستعمل الطاقة الذرية منذ أن تعلم كيف يوقد النار. وترجع الطاقة الحرارية لوقود مشتعل إلى تفاعل كيماوي بين الكربون وأيدروجين الخشب أو الفحم وأوكسجين الهواء. وتؤثر تغيرات الطاقة هذه

([1]) معلم عائم في البحر لإرشاد السفن (المترجم).

التي تتضمن إعادة خلط الذرات في طبقات الإلكترونات المكونة للأجزاء الخارجية للذرة فقط. ومن المعتاد قصر لفظ الطاقة الذرية على تلك القوة الهائلة المنطلقة حينما تحدث التغيرات في النواة الداخلية للذرة. وهذه الطاقة النووية هي المستعملة في القنبلة الذرية التي قد تزود الإنسان لو كان حكيمًا بمصدر جديد من مصادر القوة للأغراض السليمة.

وتتكون نواة الذرة من بروتينات تحمل شحنة موجبة، ونيوترونات لا تحمل شحنة إطلاقًا. والاستثناء الوحيد هو الأيدروجين العادي الذي تتكون نواته من بروتون واحد. وعدد البروتونات في ذرة الأكسجين ٨ وفي ذرة الكربون ٦ وفي ذرة الفضة ٤٧ وفي اليورانيوم ٩٢. ويتقرر نوع النظير الخاص بكل مادة حسب عدد النيوترونات، مثلاً يكون ٦٠ نيوترون و٤٧ بروتون نظير الفضة ذات الوزن الذري ١٠٧، بينما يكون ٦٢ نيوترون و٤٧ بروتون النظير ذا الوزن الذري ١٠٩. ولعنصر اليورانيوم نظيران رئيسيان ذوا وزن ذري ٢٣٥، ٢٣٨. وحيث أن عدد البروتينات هو ٩٢، فيجب أن تحتوي النظائر على ١٤٣ و١٤٦ نيوترون بالتوالي.

وفي عام ١٩٣٨ اكتشف أنه حينما يتعرض نظير اليورانيوم ٢٣٥ إلى هجوم من نيوترونات سريعة الحركة، ينتج عن ذلك نظير عنصر الباريوم الذي يقرب وزنه الذري من نصف وزن نظير اليورانيوم. وكانت هذه نتيجة مدهشة، لأن ذلك كان معناه أن ذرة اليورانيوم قد انفلقت إل جزأين. وقد وجد أن الطاقة الناتجة عن هذا الانفلاق أو الانشطار تظهر على شكل سرعة عالية هائلة للجزأين. وسرعان ما أدرك رجال العلم في العالم أن الانشطار النووي قد يمدنا بمصدر طاقة على مدى هائل ضخم، على شرط إيجاد الوسائل لانشطار عدد كاف من ذرات اليورانيوم في تتابع سريع.

ويتلخص الحل في إيجاد مناسب لكتلة اليورانيوم، إذا تحقق انطلاق سراح النيوترونات عند انشطار ذرة اليورانيوم إلى جزأين، وأن هذه النيوترونات بدورها في إمكانها إحداث انشطار في ذرات يورانيوم أخرى مكونة بذلك ما يعرف باسم التفاعل التسلسلي. ويقال لكتلة اليورانيوم التي تحدث فيها مثل هذه العملية المتسلسلة أنها ذات حجم حرج. وقد تحقق أنه لا يمكن أن يتم انتشار قطعتين كل منهما أقل من الحجم الحرج. ولكن في اللحظة التي تنضم فيها الكتلتان بعضهما إلى بعض، فإن الكتلة الناتجة منهما تزيد عن الحجم الحرج وينتج عن التفاعل التسلسلي السريع انفجار يسبب انبعاث جسيمات ذات سرعة عالية وتوليد درجة حرارة عالية بدرجة لا تصدق.

وكانت مثل هذه الاعتبارات معلومة بدرجة كافية لعلماء الفيزياء عند نشوب الحرب العالمية الثانية ولكن كانت كمية اليورانيوم ٢٣٥ الميسورة حتى ذلك الوقت جزءًا من الميجرام[١] وذلك فعلى الرغم من أن انطلاق الطاقة الذرية كان وشيكًا، إلا أن الوسائل التي كنا يمكن أن يتحقق بها هذا الانطلاق والتحكم فيه كانت مازالت مشاكل لم تحل.

إن قصة العمل الجماعي الذي تضافرت فيه جهود علماء الفيزياء البريطانيين والأوربيين والأمريكيين قد ذكرت في التقارير الرسمية[٢] ولقد سردت الصحافة اليومية قصة تسخير الموارد الأمريكية، وبناء مصانع هائلة في كليفتون في وادي التنيسي لإنتاج اليورانيوم ٢٣٥ بكميات ملائمة. وقد

(١) جزء من ألف من الجرام (المترجم).

(٢) الطاقة الذرية: القصة العامة لتطور طرق استعمال الطاقة الذرية للأغراض الحربية تحت رعاية حكومة الولايات المتحدة (المكبعة الأميرية الملكية، لندن، ١٩٤٥، الثمن شلنا و٦ بنس).

أثار تدمير هيروشيما، ونجازاكي الدهشة والرعب([1])، كما ترك هذا التدمير وراءه عالمًا مضطربًا أحاطت فيه الدول العظمى أسرارها بجو من الكتمان الشديد، وأخذت تنظر إلى بعضها البعض بعداوة مقنعة، وعدم ثقة عميقة.

أما من جهة كون القنابل الذرية الأولى نشأت نتيجة للبحث الأساسي الذي تم بهدف تقدم العلم دون هدف آخر، فلم يكن في الاستطاعة قصر الأبحاث على أرض معينة؛ ولذلك تسربت في السنين التي تلت الحرب مباشرة أنباء فحواها أنه قد يكون هناك مصدر آخر لقوة هائلة ناشئة لا عن انفلاق أو انشطار الذرة بل عن تكوين الذرة أو اندماجها. وقد أدرك رجال العلم من معلوماتهم عن بناء الذرة أنه لو أمكن تكوين الهليوم من العنصر الأخف الأيدروجين فإن ذلك ينتج طاقة هائلة. وقد عرف حقًا أن التحول من الأيدروجين إلى الهليوم قد ينتج عنه افتقاد كتلة قد يظهر على شكل حرارة. ويمكن تعليل هذا التكافؤ بنظرية النسبية لأينشتين التي أشرنا إليها بإيجاز شديد في الفصل الثالث عشر. وعلاوة على ذلك فقد كان لدى علماء الفيزياء مبرر للاعتقاد أنه يوجد في الحقيقة في ظروف درجة الحرارة والضغط العاليين الموجودة داخل الشمس تكوين مستمر للهليوم من الأيدروجين وانبعاث طاقة حرارية. ولذلك فجنبًا إلى جنب مع التنبؤات القائمة عن القوى التدميرية للقنبلة الأيدروجينية وجد الأمل أنها ما زال لدى الإنسان وسيلة أخرى لإطلاق القوى الذرية والسيطرة على القوى الطبيعية إلى مدى لم تصل إليه أحلامه حتى الآن.

([1]) انظر كتاب آثار الفتيلة الذرية على هيروشيما وناجازاكي (إخراج المطبعة الأميرية الملكية، لندن، ١٩٤٦).

وعلى الرغم من ذلك فإن الأبحاث العاجلة التي تمت خلال الأعوام التي أعقبت الحرب، بينما كانت الأمم تختزن القنابل بكميات هائلة وتتحدث عن السلم، كانت موجهة صوب استخدام التفاعلات الناتجة لا عن الالتحام بل عن الانشطار. وهناك في بريطانيا العظمى كما في كل البلاد الصناعية حاجة صارخة لقوة متزايدة، وعلى الأخص لطاقة كهربية ميسورة بدرجة أكثر سهولة. وتستعمل الآن محطات توليد الكهرباء العادية في بريطانيا العظمى الفحم أو البترول كوقود، وتحول غازات الأفران الحارة الماء إلى بخار ذي ضغط عال لإدارة توربين المولد الكهربي. والهدف المباشر من استعمال الطاقة الذرية في بلاد تعاني نقصًا في كميات الفحم والبترول هو استخدام درجة الحرارة العالية الناتجة عن انشطار اليورانيوم في توليد بخار للمولدات الكهربية.

وقد تطلب هذا البحث تجارب كثيرة وجهودًا شاقة من علماء الفيزياء والكيمياء، والمهندسين المدنيين، ورجال الطب. وقد استعمل اليورانيوم الطبيعي دون العزل الابتدائي لنظير اليورانيوم **٢٣٥** في بعض المحاولات الأولى لتسخير الطاقة الذرية. أولجت قضبان من اليورانيوم في كتلة من الجرافيت النقي يحتويها ما يسمى مفاعل بطئ أو (عمود) وكانت القضبان تحتوي بالطبع على نظير اليورانيوم ٢٣٨ الموجود بكثرة مع اليورانيوم النادر **٢٣٥**. واستخدم الجرافيت لإبطاء سرعة النيوترونات لمدى يجعلها لا تمتص بواسطة ذرات اليورانيوم ٢٣٨، ولكن بواسطة اليورانيوم **٢٣٥** المنشطر فقط، وتظهر الطاقة المتولدة عنه في كتلة الجرافيت. وكان لزامًا إيجاد طرق للسيطرة على انشطار اليورانيوم، ولإنزال درجات الحرارة العالية إلى مستوى سلس لتكوين البخار.

ولقد صادف هذا الكفاح الذي ظل أعوامًا نجاحًا تمثل في افتتاح صاحبة الجلالة في ١٧ من أكتوبر ١٩٥٦ أول محطة نووية في العالم لتوليد الكهرباء على نطاق تام. وتدعى هذه المحطة محطة كولدر هول في منطقة البحيرات. وفي يوم الافتتاح الذي لا ينسى غذيت الشبكة بالطاقة الكهربية، وبذلك بدأ عصر جديد في استخدام القوة.

وكانت تتكون محطة توليد الكهرباء "كولدر هول" في سنة ١٩٥٦ من مفاعلين نوويين يديران أربعة توربينات بخارية. وكان هناك وعاء ضغط قطره ٤٠ قدمًا تقريبًا يحتوي على ألف طن من قضبان الجرانيت كملطفات. وكان قلب الجرافيت هذا به دوائر نقل كهربية رأسية من الممكن إيلاج قضبان اليورانيوم فيها. وكانت الحرارة المتولدة من الانشطار يبطل تأثيرها بواسطة غاز ثاني أكسيد الكربون تحت ضغط يعادل الضغط الجوي سبع مرات تقريبًا. وكان ثاني أكسيد الكربون الساخن المار خلال مبادلات حرارية ينتج بخارًا طبقًا للضغط المطلوب. وكان من الضروري اتخاذ احتياطات مناسبة ضد الأخطار الناتجة عن التلوث بالمواد الإشعاعية، وأحيطت مصادر الإشعاع كلها بواسطة جدران مسلحة سميكة، واتخذت الحيطة لعدم إلقاء المنتجات المهملة من المفاعل بطريقة تعرض الحياة البشرية للخطر.

وهناك مفاعل انشطار آخر قائم في دورنراي في اسكتلندا. ويسمى هذا عمودًا مولدًا، وهو يستعمل الثوريوم، ويقوم بإنتاج مزيد من المادة النووية أثناء تشغيله. ويمهد مثل هذا المفاعل الطريق بدرجة كبيرة لإنتاج القوة النووية في المستقبل بتكاليف أقل.

ومنذ أن بدأت كولدر هول، ودورنراي، وغيرها من المشروعات نشطت الأبحاث التي جرت تحت رعاية مؤسسة أبحاث الطاقة الذرية في هارويل، ومؤسسة المملكة المتحدة للطاقة الذرية نشاطًا كبيرًا. وقد امتدت النتائج التي توصل إليها إلى ميدان الطب عن طريق ازدياد استعمال النظائر المشعة، وإلى الزراعة عن طريق الأبحاث التي أجريت في فسيولوجيا النباتات. ومع ذلك فربما كان أعظم حدث درامي أثار الاهتمام العام هو ما أعلن عام **١٩٥٨** من أن التفاعلات الناتجة عن اندماج الذرات من المحتمل أنها قد تمت لأول مرة بحالة يمكن التحكم فيها، وأن درجات الحرارة التي حصل عليها تتساوى مع درجات حرارة الشمس.

وحدث الاندماج المطلوب بين نويات نظير الأيدروجين، ديوتريوم، الموضوع في أنبوبة تفريغ ضخمة حلقية الشكل تكون جزءًا من جهاز هندسي معقد في هارويل يعرف باسم زيتا أو مجمع انعدام الطاقة النووية الحرارية. وأول صعوبة كان من الضروري التغلب عليها في زيتا كانت ناتجة من أن نويات الذرة المحاطة بشحنة موجبة تنفر من بعضها البعض كما تفعل الشحنات المتماثلة دائمًا. ولذلك كان من الضروري تزويد النويات الذرية بسرعة عظيمة جدًا – أي درجة حرارة عالية تبلغ حوالي مليون درجة – لاندماج نويات الديوتيريوم. ولجعل الغازات في مثل هذه الدرجة من الحرارة في حالة تركيز كاف كان من الضروري استعمال مجالات مغنطية قوية، والاحتفاظ بهذه الحالة مدة كافية لإحداث الاندماج.

وفي مجمع انعدام الطاقة النووية كانت درجة الحرارة العالية الضرورية تستغرق أجزاء الألف من الثانية فقط على فترات زمنية يبلغ طول كل منها عشر ثواني، ولا يعرف على وجه التحديد هل كان يحدث الاندماج أم لا. ومع

ذلك فإن هذا النوع من الأجهزة يبدو أنه يبشر بوسيلة جليلة الشأن للحصول على الطاقة من أكثر المصادر جميعًا وفرة للأيدروجين الثقيل أو الديوتيريوم ألا وهو البحر. ويبدو مثل هذا الأمل كأنه حصول على شيء دون مقابل، حيث أن المحيطات في استطاعتها إمدادنا بمصدر وقود لا ينفد تقريبًا. وقد افترض في الحقيقة أن الاندماج النووي قد يمكن الإنسان من نبذ الوسائل الحالية القاصرة لتوليد البخار واستعمال التوربينات والمولدات، وأنه سيأتي يوم نجعل فيه دلوًا مملوءًا بالماء يمد بيتًا صغيرًا بالحرارة طيلة شهور الشتاء. ولكن هذا لن يكون إلا بعد مضي وقت طويل من الآن. ومن المحتمل أن تعمل المعامل سنين عديدة في حل مشاكل التفاعلات الاندماجية قبل أن تستعمل في الصناعة.

ومع ذلك فالشغف العلمي المباشر المجرد شديد، ففي مؤتمر جنيف قدم علماء الفيزياء من الأمم الممثلة ما يقرب من ألفي بحث في خريف عام ١٩٥٨. ولقد كشف النقاب عن كثير من الطرق المختلفة لمعالجة مشاكل الاندماج النووي. وقد أطلع الروسيون المؤتمر على نموذج لآلتهم أوجرا التي تطبق مبدأ مرآويًا تعكس بمقتضاه جسيمات في درجة حرارة عالية محفوظة في مجال مغنطيسي حينما تنتقل إلى مجال مغنطيسي أقوى. ويستعمل الجهاز الأمريكي المكافئ لهذه في أوك بريدج المبدأ المرآوي أيضًا. وهناك جهاز اندماج أمريكي آخر، جهاز ستيلاريتور يحتفظ بالغاز في مجال مغنطيسي، ثم يسخنه بواسطة تفريغات كهربية وكذلك بواسطة تفاعل مغنطي. وتتبع جماعات الباحثين في بريطانيا العظمى وغيرها من البلاد طرقًا خاصة في البحث وهناك نتائج جديدة متوقعة من يوم ليوم.

الفصل الخامس عشر

العلم والصحة

١- أرض لزراعة احتياجات العالم من حاصلات

إن الصحافة والإذاعة تذكرنا اليوم باستمرار بأن عدد سكان العالم يزداد بمعدل عشرين مليونًا في السنة، وأنه لن يكون هناك في القريب العاجل من الطعام ما يكفيهم. إن المستقبل لا يبشر بخير. ولقد ظل سكان البلاد الكثيفة السكان زمنًا طويلاً يسدون النقص في الحاصلات الغذائية التي تنمو محليًا باستيراد تموينات من بلاد أخرى، ولكن مثل تلك الموارد ليست بعيدة عن أن تستنفد، وستزداد حاجة الفلاح إلى المعونة العلمية باطراد.

هيا بنا نلقي نظرة عابرة على ما تم فعلاً. إن مصدر المعونة ثلاث جهات رئيسية: الكيمياء التطبيقية التي تمد الفلاح بأسمدة للتربة وبمزيلات للأعشاب ومبيدات للحشرات، والوسائل الآلية التي يدخل الإنسان تحسينات عليها في شكل جرارات وآلات حصاد، والأبحاث التي تجرى في تربية النباتات ورعاية الحيوانات.

وقد زاد فلاحو غرب أوربا منذ العقود الوسطى للقرن الماضي ما تنتجه أرضهم من محاصيل بإضافة نترات الصودا وسلفات النشادر إلى التربة. وكانت الرواسب الطبيعية للنترات الموجودة في شيلي والتي كانت تنقل على ظهور السفن إلى بريطانيا العظمى المصدر الرئيسي فيما مضى لتزويد الأرض بالأسمدة في هذا البلد. ولكن الكيميائيين الآن قد أبانوا كيف يمكن تخليق

النشادر من أيدروجين ونتروجين الهواء النقيين. وعلى الرغم من أنه من الضروري الحصول على النتروجين بطريقة تبخير لهواء السائل الملتوية والحصول على الأيدروجين بتحليل الماء كهربيًا، إلا أن التقدم في التكنولوجيا جعل مثل هذه العمليات أمرًا عمليات على نطاق واسع، وأصبح المعين الذي يستمد منه الآن النشادر بصفته أساس صناعة الأسمدة الآزوتية مؤكدًا. ولا ينتج الإنسان الآن هذه المغذيات الرئيسية للنبات فحسب، بل ينتج أيضًا الكيات الصغيرة من المركبات التي تمدنا بما يسمى المغذيات الدقيقة على شكل مواد لرش المحاصيل، بينما قام علماء النبات بتقدير الكميات المثلى التي يجب استعمالها في أنواع معينة من التربة.

وعلى ذلك فبينما يقوم الكيميائي الزراعي بمد النبات بالمواد الغذائية اللازمة، فإن عالم الوراثة يحاول تطبيق المبادئ المعروفة في التهجين، وذلك لإيجاد نبات جيد متين من الطراز الأول. وقد وضعت تجارب مندل في تهجين السلسلة القصيرة والبسلة الطويلة أسس الدراسات المفصلة الحالية في الوراثة، تلك الدراسات التي يمكن بواسطتها إمداد الزراع بأنواع قوية من القمح والشعير التي تجمع بين أجود صفات الحبة البريطانية والأوروبية. ويمكن لعالم الوراثة أيضًا أن ينبت أنواعًا من القمح تقاوم الصدأ وتنضج بسرعة، وأنواعًا أخرى ذات سيقان قصيرة تقاوم الجفاف والصقيع.

ولكن مهما كان من جودة نوع الحبوب فإن المزارع في صراع دائم ضد الأمراض التي تسببها الفطريات، وضد الحشرات والأعشاب. وقد خفف من الجهد الذي يبذله في اجتثاث الأعشاب استعماله سلاح محراث مصمم تصميمًا خاصًا يتعمق إلى درجة تكفي لتفتيت التربة وتغطية الأعشاب والدريس في الوقت نفسه. وهناك وسائل أخرى لمحاربة الأعشاب عن طريق استعمال

مركبات لقتلها أو إيقاف نموها بحيث لا تكون مؤذية إطلاقًا للمحصول الرئيسي. وهذه المركبات المنتقاة التي تعرف باسم قاتلات الأعشاب تشمل الميثوكسون وهو مشتق من حمض الخليك الذي أبان علماء فسيولوجيا النبات أنه يعوق نمو الأعشاب العادية التي تنبت وسط حقول القمح. ويهتم الناس بالميثوكسون اهتمامًا خاصًا إذ يمكن تصنيعه في المعمل الكيميائي، ومع ذلك فهو مطابق تمامًا للهرمون المنظم للنمو الطبيعي الذي يقرر سرعة نمو النبات. وقد زودت أبحاث كيماوية أخرى المزارعين بمركب د. د. ت([1]) المشهور والجاميكسين([2]) اللذين ثبت مفعولهما ضد خنفسة الكلورادو، وآفات حشرية أخرى.

ولكن على الرغم من إضافة الإنسان لمواد مغذية إلى التربة، وعلى الرغم من قضائه على كثير من الآفات التي تنقض على محاصيله، فالواجب أولاً أن تكون لديه أرض كافية. ومع ذلك ففي أنحاء العالم كله يجرف البحر التربة، أو تعريها الرياح حاملة إياها إلى مكان بعيد. وتحدث هذه التعرية كما تسمى ببطء شديد لدرجة أن التلف نادرًا ما يلاحظ حينما تهوي صخرة عالية إلى البحر إلا في الأقاليم الساحلية.

إن أضمن وقاية للتربة ضد التعرية هي النباتات النامية، وذلك لأن الجذور تمسك بالتربة، وتقيها الأوراق المطر والريح. إذن فالاحتفاظ بزراعة مستقرة هي إحدى الطرق لتجنب التعرية. إن النباتات من شأنها حفظ التربة الخصبة، ولكن عند فقد التربة العليا فإن المطر يزيل الطبقات السفلى بسهولة وتتعرى المناطق المتآكلة. ولذلك فحينما بدأت الولايات المتحدة في محاربة

([1]) د. د. ت هو الاسم الموجز لديكلورو– ديفيلين– تريكلورثين– أحد مشتقات البنزين.

([2]) الجاميكسين هو الاسم التجاري لمتشابه سداسي كلوريد البنزين الجيمي.

التعرية في طول البلاد وعرضها، كان الهدف الأول لها منع جرف التربة العليا. وتم الكثير في هذا الشأن عن طريق جعل الأرض على شكل مصاطب متدرجة طبقًا لخطوط المحاذاة الطبيعية، وقد أفادت مثل هذه الإجراءات فقط عند اتخاذها في مساحات واسعة بطريقة مخططة.

ومع ذلك فما زالت هناك أمامنا مشاكل كبيرة؛ فمن المقرر أنه حتى في دنيانا الحالية المزدحمة ما زال يوجد هناك لكل فرد من السكان خمسة أفدنة من الأرض صالحة لإنتاج الغذاء، ومع ذلك فالمنزرعة الآن فدان ونصف لكل نفس. ولذلك فالمسألة العاجلة فيما يختص بسكان العالم الآخذين في الازدياد هي كيف يمكن الاستفادة بالثلاثة أفدنة ونصف الباقة لكل رأس؟ وتقوم الآن محاولات لتحويل الأرض المهملة إلى مناطق رعي جيدة بإدخال حشائش تقاوم الجفاف من أستراليا وجنوب إفريقيا إلى المناطق التي لا يوجد فيها مورد ما طبيعي كاف. ولكن الاستفادة من المسافات الهائلة من الأرض غير المستعملة في المناطق الاستوائية الرطبة مازالت مشكلة لم تحل.

٢- موارد الطعام

لقد تعرضنا حتى الآن إلى بعض الطرق التي يساعد العلم بها على زراعة كميات أكثر من المواد الغذائية. إن إنتاج هذه المواد لم يزدد فحسب، بل إن طرقًا أفضل تبتكر الآن لحفظ هذه المواد، ففي مخازن البضائع وعنابر السفن تلقي الوسائل الكيماوية للتحكم في الآفات شحنات هائلة من البضائع، كما تمكن الطرق الدقيقة للتبريد السريع وما يتبع ذلك من تجفيف في فراغ عال تلك الأطعمة كاللحم وعصارات الفاكهة من الاحتفاظ بها في حالة طازجة مددًا طويلة. ومع ذلك فربما كان الأمر الأجدر بالملاحظة هي

الطرق التي يساعد بها العلم على زيادة المواد الغذائية بطريقة غير مباشرة، وذلك بتوفير علف للماشية من القش الصالح للطعام، وطعام للإنسان من مواد لم تمس للآن. ويكفي أن نضرب مثلًا واحدًا لذلك سنتحدث عنه ألا وهو المارجارين ذلك الطعام المفيد على الرغم من عدم استساغته البالغة.

ويتوقف هذا الناتج على مهارة الكيماوي في تجميد الدهن السائل الذي يتكون منه زيت الحوت، وجعله بذلك صالحًا للأكل، وتعرف هذه العملية بعملية الأدرجة([1])، ويمرر الأيدروجين في زيت الحوت المضغوط بغير تطهير مبدئي مع وجود مؤشر لمس مصنوع من النيكل. وحينئذ يحدث تغير كيماوي ويصير الزيت ذا صلاحية شديدة. ثم بعد ذلك تمخض فيه دهون مشتقة من مصادر نباتية مثل فول الصويا، والبطاطا وجوز الهند، بالإضافة إلى الكميات اللازمة من فيتامين د. ويضاف إلى ذلك لبن ومركبات معينة تحفظ الماء في حالة تشتت دقيق. وأخيرًا تضاف إحدى المكونات المعطرة للزبدة الطبيعية– الدياسيتيل– مع ملح ثم يعبأ الناتج النهائي تعبئة تراعى فيها القواعد الصحية بواسطة الوسائل الميكانيكية، ويباع في عبوات أنيقة بثمن قدره نصف جنيه لكل منها.

ومن الوسائل المهمة لزيادة التموينات الغذائية، تجنب التبذير لا في المواد ذاتها فحسب، بل أيضًا في مكونات المواد التي تجعل لها قيمة غذائية. ويتمثل هذا في العناية التي تبذل في المراحل كلها ابتداء من غرس حبة القمح إلى رغيف العيش في المخبز. لا بد أولاً من تسخين الحب بحرص شديد إذا لم تكن قد جففته الشمس والهواء، ثم يجب الاحتفاظ

([1]) الاتحاد أو المزج بالأيدروجين أو المعالجة به. (المترجم)

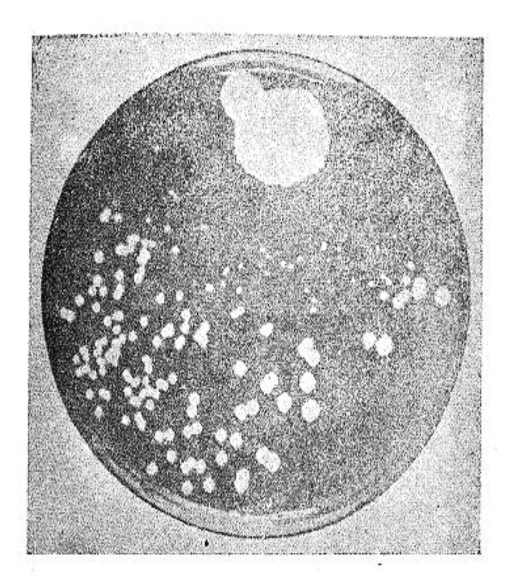
بالمكونات الغذائية المهمة للحب أثناء طحنه لا أن تهمل. ويجب إضافة أملاح الكالسيوم، والفيتامينات الضرورية. وفي النهاية تضاف مادة ضد التعفن لضمان احتفاظ الخبز بطزاجته.

إن العلم بالكيمياء والتغذية الذي تقوم الصناعة الحديثة للدقيق العادي وللمارجرين عليه قد يكون ذا أثر في نفوس جمهرة الناس الذين يشتهرون من حيث أذواقهم بالمحافظة إلى درجة غير حميدة، والذين يرتابون ارتيابًا شديدًا في العبث بطعامهم. ومع ذلك فلمحة عابرة إلى التاريخ قد تعيد الطمأنينة إلى نفوسهم، إذ كان غش الطعام في وقت ما أمرًا مألوفًا([1]) وقد تغلب الناس على هذا ببطء عن طريق التشريع فحسب. وتتخذ الاحتياطات اللازمة في الوقت الحاضر في بريطانيا العظمى وغيرها من البلاد الصناعية الأخرى ضد الغش وضد تلوث الطعام بالجملة.

وتستعمل الآن طرق أحدث للمحافظة على الطعام، والهدف من هذا هو التخلص من التلوث عند المنبع بمهاجمة تلك الكائنات الحية المجهرية مثل الخمائر والعفن والبكتريا التي تسبب تحلل الطعام، ومن المعروف أن الأشعة السينية وأشعة جاما والحزم الإلكترونية تسبب ضمور الخلايا الحية، وتؤدي أحيانًا إلى نتائج مدمرة تهدد الحياة البشرية. ومن جهة أخرى قد توقف جرعات محددة من مثل تلك الإشعاعات نمو الكائنات الحية الدقيقة، ومع ذلك تترك الطعام في حالة صالحة للاستهلاك البشري.

([1]) كان الدقيق في أواخر القرن الثامن عشر وأوائل التاسع عشر يغش بالشب، والطباشير وفتات العظام، وحتى أحيانًا بالرصاص الأبيض.

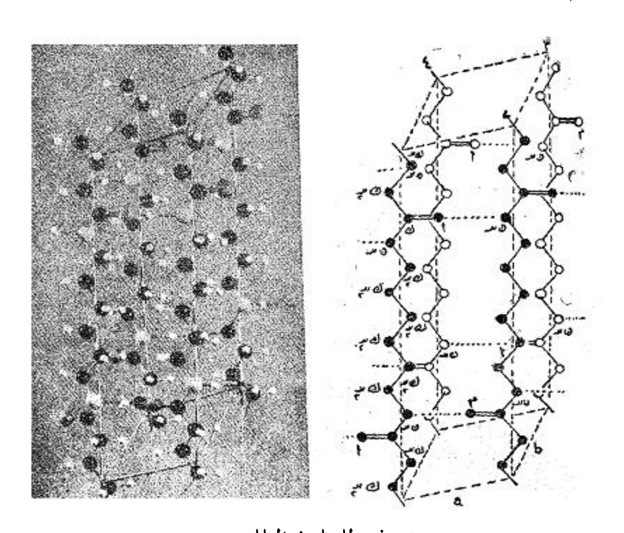
لوحة رقم ٢٩



الزرع الأصلي الذي شوهد عليه أثر البنسلين

يمثل مستعمرة بنسيليام نوتيتم ملوثة، بكتريا سبحية متطفلة، مستعمرة بكتريا سبحية عادية.

لوحة رقم ٣٠



نموذج للنيلون البللوري

تتركب البوليمارات من جزيئات سلسلية طويلة تتكون من تكرار منتظم لوحدة تكوينية بسيطة. وفي نيلون– ٩ تتخذ هذه الوحدة لصيغة الكيماوية الآتية ن يد (ك يد ٢) ك و أ. حيث يرمز للأيدروجين برمز يد، وللنتروجين بحرف ن والأكسوجين بحرف أ وفي المادة المستعملة لإنتاج الألياف تتحد ١٠٠ أو أكثر من هذه الوحدات بعضها مع بعض لتكوين الجزيئات الفعلية.

والصورة صورة لنموذج يبين ترتيب الذرات، والوصلات الطويلة أي – المسافات بين مراكز الذرات المتحدة كيماويًا – والزوايا بين الوصلات المختلفة مرسومة طبقًا لمقياس مضبوط، ولكن أحجام الكرات لا تمثل الأحجام الحقيقية للذرات ويشير الرسم البياني المرافق للنموذج.

ولكن الأمر في حاجة إلى كثير من الأبحاث، وذلك لأنه حتى ولو صار الطعام نفسه غير مشع، فإنه قد يكون قد اكتسب مذاقًا أو رائحة غير مستساغة بدرجة بسيطة أثناء عملية التعرض للأشعة. وإذا كان الأمر كذلك، فمهما كان من طول المدة التي قد تبقاها شريحة لحم في حالة طازجة بالمعنى البكتريولوجي، فقد ترفض ربة البيت شراءها. إذن فالأمر في حاجة أيضًا إلى أبحاث فنية لإيجاد طرق للتعرض للأشعة رخيصة بدرجة تكفي لجعل الشركات التجارية تتعهد هذه المهمة. ويبدو أن أحسن مجال مبشر بالخير هو معالجة الحبوب والبطاطس في مخازنها، إذ وجد أن الجرعات الضعيفة من التعرض للأشعة تمنع تناسل الخنافس التي تهاجم مخازن الحبوب، وتخمد كذلك مفعول البراعم النابتة في درنة البطاطس. ويمكن بهذه الطريقة الاحتفاظ بطعام قيم بواسطة طريقة لا تبذير فيها.

إن أمامنا الكثير مما يجب علينا عمله لتوفير المواد الغذائية لسكان البلاد الصناعية الآخذين في الازدياد. لقد انقضت من عهد بعيد تلك الأيام التي كان يستطيع فيها كاتب من كتاب القرن الثامن عشر أن يقول: إن خبزي حلو ومغذ، مصنوع من قمحي الخاص ومطحون في طاحونتي الخاصة ومخبوز في فرني الخاص، ولحوم صيدي طازجة من الأجمات، وأسماك السلمون والأطروط قادمة تتلوى من الجدول. ولكن ولو أن الطعام اليوم غالبًا ما يعلب، ويبرد ويجمد أو حتى يتعرض للأشعة، فإن نسبة أكبر بكثير من السكان تجد أنواعًا متباينة من الطعام أكثر مما كان ذلك ممكنًا في الأيام السابقة للعصر الصناعي.

٣- تقدم الصحة العامة

من المحقق الآن أن الناس في البلاد المتصنعة أحسن صحة وأطول عمرًا مما كانوا عليه حتى منذ خمسين عامًا. وتثير الأرقام المستقاة من إنجلترا وويلز الدهشة التامة فقد كان معدل وفيات الأطفال أثناء سني ١٩٠١- ١٩٠٥، ١٣٨ في كل ألف من المولودين أحياء، وبلغت هذه النسبة في ١٩٤٨- ٣٤. وفي الخمسين سنة الأخيرة هبطت نسبة الوفيات الناتجة من الحميات الرئيسية والأمراض المعدية مثل التيفوس، والتيفود، والجدري، والحمى القرمزية، والكوليرا، والسعال الديكي، والدفتريا بنسبة ٩٤%، وهبطت نسبة الوفاة بالسل ٧٤%[١]. وهذا التحسن العظيم في الصحة الذي لم يكن يرجع فحسب إلى نواحي التقدم في العلاج بل كان يرجع أيضًا إلى إزالة الأحياء القذرة، وتحسين الإسكان، وتوفير طعام أفضل ورعاية صحية

---

[١] هذه الأرقام مستقاة من كتاب الطب في خمسين عامًا (المطبوع في لندن سنة ١٩٥٠) والذي نشرته نقابة الأطباء البريطانية، ص ٢٥٣- ٢٥٤.

أكثر كفاءة وإمدادات مائية أكثر وفرة ونظافة، وأجور أعلى، وأحوال عمل تتوفر فيها ظروف صحية أفضل.

والتقدم في الأمور الصحية العامة في بريطانيا العظمى مدين بدرجة كبيرة لحماس المصلحين من أمثال تشادويك (١٨٠٠– ١٨٩٠) الذي لم يقنع السلطات بخطر الماء الملوث فحسب، بل نبههم إلى الحاجة لرقابة عامة من واجبات الاتجاه إلى تحسين الحياة البشرية. وكان هناك وراء تشريعات الصحة العامة التي صدرت في الأجيال الأخيرة شعور أكبر بالمسئولية نحو العمال، كما أعان انتشار التعليم على اتخاذ إجراءات للإصلاح الصحي من شأنها الوقاية من الأمراض الشائعة، وبهذا الخصوص قامت الخدمة الطبية المدرسية في إنجلترا وويلز بالكثير من تنوير الرأي العام، ذلك العمل المتواصل الشاق، وذلك تنفيذًا للقانون الصادر عام ١٩٠٧.

ونتجت بعض التحسينات في صحة العمال الصناعيين عن تطبيق الطرق العلمية بطريقة أكثر مباشرة في الصناعة، وعلى ذلك ففي الأماكن التي حلت القوى الكهربية فيها محل قوة البخار – بعجلاتها وسيورها وريشها المتحركة – في المصانع نجد هناك تقدمًا هائلاً. ونجد المصنع نفسه أنظف وأقل ضجيجًا ولا يزدحم بعوارض يتراكم الغابر عليها. ويمكن بناء المصنع بسهولة إذ لا يحتاج لمقاومة للضغوط التي تنشأ عن نقل الحركة بالسيور. وينتج عن ذلك وجود فراغ أكثر لإنشاء النوافذ، وهذا مما يساعد بالإضافة إلى استخدام تدفئة وإضاءة جيدتين على راحة العمال ورفاهيتهم العامة.

وقد كشف التفتيش الصحي على المصانع الذي بدأ في ختام القرن التاسع عشر عن كثير من الحقائق عن الحرف الخطرة، وأبان التقدم العلمي

عن كيف يمكن تجنب البعض منها. إن في مقدرة العمال الذين يستلزم عملهم معالجة الرصاص والزرنيخ والفسفور أن يتخذوا الآن احتياطات تقلل من الأخطار التي يتعرضون لها بدرجة كبيرة. وقد قضي تقريبًا على نسبة الإصابة العالية المخزية بمرض اعتدام عدسة العين بين عمال الزجاج. وقد أبانت الأبحاث الطبية للأحوال الصحية في بعض الحرف كالبرادة وتجليخ المعادن خطر الغبار. وقلل ما اتخذ من احتياطات بينة كرش الهواء بالماء وتهيئة تهوية جيدة من هذه الأخطار التي تتعرض لها أعداد كبيرة([1]).

وللعامل الصناعي مثله في ذلك مثل غيره من أفراد المجتمع الحديث نصيب من تلك التطبيقات العلمية المباشرة التي تتمثل في الطرق التي تمارس بها المستشفيات الحالية مهمتها فحينما يمرض فإنه ينتفع بالمواد التخديرية والعقاقير المخففة للآلام. وفي بريطانيا العظمى الآن مصلحة معامل الصحة العامة، مهمتها معالجة مشاكل الأمراض الوبائية التي تستلزم أبحاثًا بكتريولوجية فنية، وتساعد مثل هذه الخدمات على الاحتفاظ بمستو عال من الصحة العامة بين الجميع. ويمكننا أن نضرب لذلك مثلاً آخر، ألا وهو مصلحة نقل الدم في هذا البلد، تلك المصلحة التي تنقذ الآن حياة كثير من الناس. وقد استمدت المعلومات الأساسية عن هذا الموضوع من سلسلة طويلة من الأبحاث التي بدأت في فيينا عام ١٩٠٠ باكتشاف الفصائل الدموية، والتي استمرت عن طريق تقرير طرق اختبار الأفراد الروتينية لمعرفة نوع فصيلتهم، ووصلت إلى إتقان طرق تجميد بلازما الدم وحفظها عن طريق التبريد. وتساعد الاكتشافات التي تمت بخصوص فصائل الدم في السنين

([1]) إن السيليكوزس وهو الاسم العام الذي يطلق على الحالات المعروفة بالسل الذي يصيب عمال المناجم، والربو الذي يصيب صانعي الخزف مازال خطرًا يتعرض له كل العمال الذين يتعرضون لغبار دائم، ويكون مشكلة عويصة لرجال الطب.

العشر الأخيرة بالإضافة إلى ما يقوم به رجال علم الوراثة على الوقاية من بعض أمراض الأطفال حديثي الولادة النادرة، وعلى ذلك فهي تقلل أيضًا من نسبة وفيات الأطفال.

٤- الوقاية ومنع العدوى

ربما كانت أكبر معونة مباشرة يقدمها العلم للوقاية من المرض هي تلك الوسائل التي يهيئها للقضاء على الكائنات الحية الدقيقة التي تسبب الأمراض قبل أن تشرع في هجماتها الضارة على الإنسان. إن بسترة اللبن، وتعقيم الماء في الحمامات العامة، ومعالجة ماء المجاري بما يسبب القضاء على بكتريا الأمراض إنما هي طرق تعين على صيانة الصحة العامة ويمكن أن يزف سكان البلاد المعتدلة الآن التهنئة لأنفسهم على أن الإجراءات الصحية التي اتخذت قد قضت تقريبًا على الكوليرا، والتيفود والجدري، والتيفوس. ومع ذلك فإن سكان البلاد ذات الأجواء الأدفأ في خطر دائم من عدد الأمراض أكثر انتشارًا الملاريا([1])، ومع ذلك قد تتسرب في هذه الأيام، أيام السفر السريع بالجو، الأنواع الخاصة من البعوض الذي يحمل الملاريا إلى أي مكان في العالم. ويمكن السيطرة على الملاريا سيطرة فعالة بواسطة القضاء على البعوضة وهي يرقة. وقد حدث هذا في وقت ما بواسطة عملية المعالجة الشاقة للأراضي المغطاة بالمستنقعات بالبرافين أو زيت البترول، تلك العملية التي كانت تقلل التوتر السطحي للماء لدرجة أن تفقد يرقات البعوض سطوتها

([1]) تقتضي الملاريا ضريبة باهظة من الآلام البشرية، وقد قدر عدد من يموتون منها كل عام بثلاثة ملايين من الأنفس. ويعاني سبع سكان العالم الأسى من آثارها. وقد استعمل المركب الطبيعي كينين مدة طويلة لعلاج مرضى الملاريا. وأثناء الحرب العالمية الثانية ١٩٣٩- ١٩٤٥ كان هناك نقص خطير في الكينين الطبيعي، وأنتج الكيميائيون عقارًا ضد الملاريا هو هوبولوردين، وهو عقار وقائي أشد من الكينين عشر مرات.

على السطح الأسفل للماء، وتموت لنقص الهواء. وهناك الآن طريقة أكثر فاعلية، تتلخص في استعمال مبيد الحشرات القوي د.د. ت مذابًا في زيت مناسب ورشه على الأراضي باليد أو بطريقة أحسن من ذلك بواسطة الطائرات.

وهناك مبيد حشرات آخر قوي، جاميكسين، يستعمل أيضًا في مهاجمة البعوض في طور بلوغه وكذلك وهو مازال يرقة، وقد أمكن باستعمال كل من الجاميكسين، ود. د. ت القضاء النهائي على الإصابات الناتجة عن البعوض في قبرص. وكذلك فإن نجاح د. د. ت في الوقاية من انتشار وباء التيفوس[1] في نابلي في نهاية الحرب العالمية الثانية إنما هو مثل جلي على الخدمة التي يسديها عالم الكيمياء العضوية لمحاربة ذلك العدو اللدود، المرض.

لقد ذكرنا إلى الآن أمثلة قليلة لنجاح الوقاية من العدوى، ومع ذلك فحينما تلج الكائنات الحية الدقيقة الجسم البشري، فإننا نلجأ إلى عقار يقضي على هذه الكائنات دون إلحاق ضرر بالأنسجة. والسالفازان الذي أنتج عام ١٩٠٩ لعلاج الزهري مثل مشهور لمثل هذا العقار ذي التأثير المباشر. وكان من شأن البحث الطويل الذي استلزم جهدًا شاقًا جدًا، وأدى في النهاية إلى اكتشاف السالفازان ونجاحه في تخفيف ويلات مرض خطير تشجيع الأبحاث الأخرى عن مواد كيماوية ذات تأثير علاجي خاص. ولم تكتشف لمدة طويلة مركبات ذات تأثير فعال ضد العدوى البكتيرية العادية، وبقي الحال كذلك حتى سنة ١٩٣٥ حينما أعلن علماء الأمراض في ألمانيا أن

---

(١) ينتقل التيفوس بواسطة القمل.

صبغة حمراء تدعى البرونتوزيل ذات أثر فعال ضد عدد من الأمراض السبحية([١]). وقد وردت بعد ذلك مباشرة أنباء من معهد باستير في باريس أن جزءًا فقط من مركب البرونتوزيل، ذو أثر فعال ضد البكتريا، وأن العامل الحقيقي في ذلك هو مركب أبسط، السلفانيلاميد.

وبعد ذلك مباشرة قامت المحاولات المنظمة على قدم وساق في لندن، وزودتنا الأبحاث العلمية بالإضافة إلى ما تفتقت عنه أذهان الكيميائيين الصناعيين بسلسلة من العقاقير المعروفة غالبًا باسم مركبات السلفا، وأحسن ما عرف منها م، ب ٦٩٣.

وقد وجد أن عقاقير السلفاناميد مأمونة الجانب بدرجة كبيرة وذات أثر فعال ضد سلسلة كبيرة من الأمراض السبحية العادية مثل: التهاب اللوز، والالتهاب الصدري، وحمى النفاس، والحمى الراجعة، والتسمم الدموي. وقد هبطت بالفعل نسبة الوفيات بين الأمهات الناتجة عن حمى النفاس إلى رقم منخفض بالنسبة إلى استعمال علاج أكثر تعقلاً، وأكثر مراعاة للصحة ومع ذلك فقد أصبحت نسبة الوفيات أقل بعد استعمال مركبات السلفا.

٥- المضادات الحيوية

على الرغم من أن عقاقير السلفاناميد برهنت على أنها عقاقير قيمة، إلا أنه وجد أنه من الضروري بذل عناية كبيرة عند استعمالها، حيث تتبع استعمالها أحيانًا أعراض تسممية، وبعبارة أخرى لا تهاجم هذه العقاقير البكتريا المحدثة للمرض فحسب، بل قد تهاجم خلايا جسم الإنسان التي تأوي هذه البكتريا كذلك. ولذلك فإن رجال الطب ظلت عيونهم الفاحصة

([١]) السبحيات هي الاسم الذي أطلق على تلك البكتريا التي تظهر تحت المجهر كسلاسل صغيرة.

مفتوحة لعلهم يهتدون إلى عوامل أكثر انتقاء وربما أكثر فاعلية. ولم يذهب بحثهم دون طائل: ففي خلال الأيام الحديثة أوجدت فصيلة جديدة من المواد تدعى المضادات الحيوية. وتختلف المضادات الحيوية عن غيرها من العوامل البكتيرية في كونها يحصل عليها من العفن أو من كائنات حية دقيقة تنتجها في مجرى حياتها العادي. ويتقدم العمل الآن في تخليق المضادات معمليًا. إن تأثير المضاد الحيوي هو جعل كائن مجهري حساس غير قادر على مواصلة نواحي النشاط الكيماوية التي يحتاج إليها في حياته. وقد وجد أن هناك مضادات حيوية تهاجم بهذه الطريقة أنواعًا عديدة من الكائنات المجهرية، ومع ذلك فليس لها في الواقع آثار سيئة على قيام الجسم البشري بوظائفه. وربما كان أشهر هذه المضادات الحيوية هو البنسلين ذو الأثر الفعال ضد الكائنات المسببة للالتهاب الصدري، وأمراض خطيرة أخرى. ومن بين المضادات الحيوية الأخرى المستعملة على نطاق واسع الأستربتوميسين والأورميسين، وكلاهما ذو أثر فعال ضد بعض البكتريا التي تقاوم البنسلين.

إن قصة اكتشاف البنسلين وإنتاجه فيما بعد على نطاق واسع قصة مثيرة للاهتمام بدرجة أنه من الواجب تخصيص بعض الوقت لمناقشتها. في عام ١٩٢٨ كان الدكتور فليمنج الذي صار فيما بعد السير ألكساندر فليمنج الذي كان يعمل في مستشفى سانت ميري في لندن يقوم في معمله بإجراء تجارب على زراعات من البكتير العنقودي، وهو الكائن الذي يسبب الدمامل على البشرة، وقد لاحظ على إحدى شرائح الزرع رقعة من عفن يسبب التلوث، وتبدو من حوله مستعمرات البكتريا العنقودية كأنها تنكص إلى الوراء. وقد أثار هذا حب استطلاعه حالاً. وعندما مضى أسبوع آخر وجد أن السائل الذي نما فيه هذا العفن لم يوقف نمو البكتريا العنقودية فحسب، بل أوقف

أيضًا نمو كثير غيرها من بكتريا الأمراض الشائعة. لقد كان هذا اكتشافًا عجيبًا، اكتشافًا كان الأطباء في انتظاره منذ أيام اللورد ليستر، وعلى الرغم من أن الكثير قد تم منذ ذلك الوقت، فقد أبانت أبحاث سير ألكسندر فليمنج في الجروح المتقيحة أثناء الحرب العالمية الأولى أن المواد المطهرة التي كانت سامة للبكتريا المهاجمة. وقد وجد الآن مطهرًا غير ضار بخلايا الجسم، وحيث أن اسم العفن كان بنسيليم نوتيتم، اقترح أن تسمى المادة المصفاة من الحساء الذي زرع فيه العفن بنسيلين، وهذا هو أصل تلك الكلمة المألوفة.

وتنتقل قصتنا الآن لأكسفورد عام ١٩٣٩ حيث كان السير هواورد فلوري وآخرون يبحثون عن مواد ضد البكتريا تنتجها الكائنات المجهرية. لقد خطط العمل أولاً كدراسة أكاديمية محضة، وأمدته مؤسسة روكفلر بالعون المالي. وكانت أول مواد فحصت هي زراعات فليمنج من البنسلين نوتيتم. وقد نجح فلوري في الحصول منها على مسحوق أسمر قاتل للبكتريا أشد بكثير من مركبات السلفوناميد، وقادر على إيقاف نمو البكتريا العنقودية في محلول مخفف بنسبة ٢ إلى ٥٠٠٠٠٠٠. ومما أثار الغرابة بدرجة كبيرة أنه حينما تم عزل البنسلين على هيئة ملح صوديوم نقي تحقق أن هذا المسحوق الأسمر يحتوي على ١% من البنسلين، و٩٩% من الشوائب. ومع ذلك فإن الأبحاث الطبية الأولى في أكسفورد التي أجريت بالكميات الصغيرة من البنسلين التي كانت ميسورة حينئذ كانت كافية لأن تبين أن مادة ضد البكتريا لها قوة هائلة أصبحت حينذاك في متناول اليد. ومع ذلك فقد كانت المشكلة هي إيجاد وسائل لإنتاجها بكميات كبيرة كافية.

وأول طريقة استعملت كانت نوعًا من مضاعفة الطريقة المعملية لزراعة العفن على سطح هلام مغذ. وكان هذا معناه إيجاد زراعات في قوارير محفوظة في درجة حرارة ثابتة يرعاها باحثون موفقون اتخذوا احتياطات محكمة لإبقائها في حالة خالية من الجراثيم، إذ وجد أن نشاط البنسلين سريعًا ما يقضى عليه بواسطة الكائنات المجهرية التي تغزوه من غبار الهواء. وبعد زيادة سير هووارد فلوري للولايات المتحدة في ربيع عام ١٩٤١ ابتكرت طرق أحسن يمكن بها زراعة العفن لا على سطح المادة المغذية فحسب، بل أيضًا في أنحاء المادة بأكملها. وعلى ذلك يمكن أن يحل صهريج واحد معرض للهواء محل آلاف من القوارير التي تراعى فرادى. وهذه الطريقة التي مورست لأول مرة في الولايات المتحدة هي الآن طريقة "الاستنبات العميق" لصناعة البنسلين لتوزيعه على المستشفيات في جميع أنحاء العالم.

وبينما كانت طرق الإنتاج على نطاق واسع تتحسن حتى تصل درجة الكمال، كانت الأبحاث التفصيلية الدقيقة إلى درجة متناهية مستمرة في المعامل على كلا جانبي المحيط الأطلنطي. وقد أبانت الأبحاث التي جرت بخصوص الطبيعة الكيماوية للبنسلين أن هناك أربعة أو خمسة أنواع مختلفة من البنسلين لها درجات مختلفة من الفاعلية في داخل الجسم الحي. وأدت الملاحظات الدقيقة إلى إيجاد طرق لإنتاج أعظم أنواع البنسلين فاعلية في العلاج المسمى مركب ج، وحفظه دون أن يحدث هذا تغيرًا في حالته. واتخذت لهذا الغرض أيضًا طريقة التجميد السريع بالتبريد والتجفيف في فراغ (وهي الطريقة التي استعملت في تحضير مصل الدم البشري والبلازما أثناء

الحرب العالمية الثانية) كمثل آخر للعلاقة الوثيقة بين الأساليب الهندسية ذات النطاق الواسع والأبحاث الأساسية.

ولم يعثر على مضادات حيوية تهاجم الفيروسات الحقيقية دون مهاجمة خلايا جسم الإنسان الذي يأوي الفيروس، والسبب في ذلك هو أن الفيروسات الحقيقية تعيش في ارتباط أشد وثوقًا بكثير مع مضيفها من البكتريا، ولذلك فإن مركبًا كيماويًا يمزق أوصال حياة الفيروس من المحتمل أن يقوم بذلك مع خلايا الشخص المضيف لهذا الفيروس أيضًا. ومع ذلك فهناك فيروسات كبيرة هي وسط في نوعها بين البكتريا والفيروسات الحقيقية في كونها مستقلة استقلالاً نسبيًا عن المضيف. وقد ثبت أن بعضًا من هذه حساس بالنسبة للمضادات الحيوية. ومن أمثلة هذه فيروس مرض الببغاء (الذي يصيب الببغاوات)، والكائن الشبيه بالفيروس الذي يسبب حمى النفاس. وهناك أمر آخر يحد من مفعول المضادات الحيوية، وهو أن بعض البكتريا التي تسبب الأمراض ثبتت قدرتها على ملاءمة نفسها مع البيئة الجديدة بإيجاد سلالات تقاوم المضادات الحيوية. وكلما زاد استعمال تلك المضادات الحيوية كلما زاد تولد تلك السلالات المقاومة. ونتيجة لذلك لا يصف رجال الطب تلك العقاقير العجيبة، إلا مع الحيطة المناسبة. ومع ذلك فإن المضادات الحيوية تحتفظ بكونها إضافة على جانب كبير من الأهمية لما لدينا من أسلحة من المواد الكيماوية المبيدة للبكتريا.

٦- الصحة العقلية

من المعترف به الآن أن بعض الأمراض التي يرثها الإنسان لا ترجع في أصلها إلى غزو الجسم بواسطة جراثيم مسببة للأمراض، ولكن إلى عدم قدرة

الشخص نفسه على التلاؤم مع الإجهاد العاطفي الذي يعانيه. إن الحد الفاصل بين الجسم والعقل – إذا تجاسرنا في الحقيقة على أن نظل على هذا التفريق القديم – حد غامض جدًا. ويبدو أن علاج بعض الأمراض الآن يكون في الترويح عن العقل الحزين. وما زلنا نذكر ما طلبه ماكبث([1]) من طبيبه قائلاً:

ألا يمكنك أن تمد يد العون لعقل مريض/ وتنتزع من الذاكرة حزنًا ثابت الجذور/ وتستأصل القلاقل المنقوشة في الذهن؟

وهنا أجاب الطبيب: "في هذه الحالة لا بد للمريض أن يمد يد العون لنفسه".

ومازالت هذه اليوم هي الإجابة التي يعطيها الطبيب كملجأ أخير، ولكنه يساعد الطبيب على أن يساعد نفسه. وهذه هي كل مهمة التحليل النفسي الذي نشأ نتيجة للعمل الرائد الذي قام به سيجموند فرويد (١٨٥٦–١٩٣٩). وقد أدت دراسة الأحلام وأمراض العصاب بفرويد إلى أن يبحث قواعد الصراع العقلي الذي ينشأ عن تحطيم الطفولة. وقد قاسى فرويد كغيره من العظماء من انحرافات المشهورين، وإن كثيرًا من البيانات التي لا تمت بصلة ما إلى مواضيع حديثهم في كتيباتهم الصغيرة ومجلاتهم البراقة لتعطي صورة خاطئة تمامًا عن الرجل. ومع ذلك نجد أن رجال الطب في العالم لديهم اليوم كنتيجة عامة لما قام به فرويد فهم أفضل لما تقاسيه البشرية من

([1]) أحد أبطال رواية من ورايات شكسبير أكبر شعراء الإنجليز، استضاف الملك الذي أحسن إليه وقتله. وقد عاش ماكبث بعد استيلائه على العرش في جحيم نفسي، وانتهت حياته نهاية مريرة (المترجم).

ويلات. وإن لدينا الآن فكرة أشد تواضعًا نوعًا عن سلوكنا اليومي، وذلك حينما ندرك أن كثيرًا منه غير معقول، وأنه متأصل في دوافع لا ندرك لها كنهًا.

وأتت المعونة أيضًا للمرضى عقليًا من نواحي التقدم التي تمت في فسيولوجيا المخ، وقد أسعفت عملية الليكوتوميا وهي عملية تجرى في الفصوص الأمامية للمخ أولئك الذي يعانون من هموم ثقيلة. ونتيجة لذلك يعيش أمثال هؤلاء الناس عيشة هادئة ولكنها خاملة نوعًا، ولكنهم في استطاعتهم إقامة أودهم إلى حد كبير. وغالبًا ما تنجح طرق طبيعية محضة مثل العلاج بالصدمات الكهربية في التفريج عن الذهن المكروب. وزيادة على ذلك فقد أصبح الاتجاه العام من ناحية المرض العقلي أكثر تسامحًا ورحمة. ولذلك فمن الأجدر لأولئك المأزومين نفسيًا أن يبحثوا عن علاج، إذ قد أعاد الأمل في الشفاء مع طرق العلاج الوظيفي المعقولة كثيرًا من المرضى إلى حياتهم العادية المألوفة. وقد يأتي التقدم في مجال رد الاعتبار من مصادر عدة: من علم النفس، والطب، ومن تعليم مستنير، ومن إجراءات المحافظة على الصحة العامة.

وبالضبط كما أن الكوليرا قد أمكن السيطرة عليها في أوربا في القرن التاسع عشر، فكذلك قد تستسلم في القرن العشرين الاختلالات العقلية الحادة مثل مرض انشطار الشخصية للجهود المشتركة في الأبحاث العلمية وللقيادة الحكيمة للصحة العامة. إن الصحة العقلية تعني بالطبع شيئًا أكثر من عدم وجود مرض، ويحتاج المجتمع القوي إلى أفراد يواجهون الحياة بجنان ثابت. وكما أن المسكنات والأقراص المنبهة تضر أكثر مما تنفع، كذلك فإن العلاج الوقائي المفرط للأمراض العقلية الصغرى قد يعتصر مرونة الإنسان الطبيعية. إن هناك أمرًا واحدًا مؤكدًا هو أن المعرفة العلمية نفسها تقف في

العلاقات الإنسانية موقف الحياد. إنها قد تستعمل لصالح الإنسان أو للقضاء عليه. وقد تستعمل دراسة تفاعلات الإنسان تحت تأثير الإجهاد لتدمير كرامته كما يظهر في تلك الصورة المرعبة لقوة الأخ الكبير في عام ١٩٨٤. ويمكن أن ينحرف علاج لاعتلال خطير إلى طريقة لإحداث تلك الحالة. ولقد رأينا ما يكفي من آثار أشد علوم النفس التطبيقية ارتجالاً في دكتاتوريات الحرب العالمية الثانية. ولذلك فيجب علينا أن نتذكر أن مجرد ازدياد المعرفة بالعقل البشري لا يستلزم جعل الناس في حالة أفضل، وأن كل تقدم علمي يضع مع ذلك مسئولية أكبر على عائق العقل البشري من جهة استعمال هذا التقدم الاستعمال الصحيح.

الفصل السادس عشر

إلى أين نحن ذاهبون؟

١- التحرك الذاتي

لقد رأينا في الفصل السادس كيف أن استعمال آلة وات البخارية كمصدر من مصادر القوة في المناجم والمصانع، واستعمال القوة البخارية في تسيير القاطرة نتج عنه استخدام سلسلة كاملة من نواحي التقدم الفنية ذات الأثر الفعال التي ساهمت في إحداث التغييرات الاجتماعية التي عرفت بالثورة الصناعية. وتتغير طرق حياتنا اليوم في العقود الوسطى للقرن العشرين بسرعة كبيرة حتى أننا حقًّا نعيش في ثورة صناعية جديدة، ثورة تقوم فيها الآلات الدقيقة والأجهزة الحاسبة بمهام معقدة دون تدخل بشري. وتندرج مثل هذه العمليات تحت اسم التحرك الذاتي الذي تقرأ عنه الكثير جدًا في الصحافة اليومية.

إن المكونات الأساسية لكثير من الدوائر الكهربية المستعملة في عمليات التحرك الذاتي هي الصمام الثرميوني والخلية الضوئية. ومع ذلك يستعاض عن الصمام الثرميوني في بعض الحالات بجهاز يعتمد على الخواص الغريبة للمواد التي ليست بموصلات جيدة ولا بمواد عازلة، تلك المواد التي تعرف باسم مواد نصف موصلة. وقد أعلن عام ١٩٤٨ عن تقدم ملحوظ في استعمال تلك المواد بواسطة علماء الفيزياء القائمين بأبحاث خاصة بمعامل تليفون أبل. لقد اخترعوا الصمام البلوري المعروف الآن عادة باسم

الترانزستور. وقد تكون هذا الجهاز من صحيفة رقيقة جدًا من الجيرمانيوم ووصلتي شارب القط. ويحدث مثل هذا الجهاز تيارًا مترددًا يتخذ اتجاهًا واحدًا، ويتسبب أيضًا في إحداث تيار متزايد عند تشغيله. وبمعنى آخر فإن الصمام البلوري أو الترانزستور جهاز تصفية وجهاز تكبير في الوقت ذاته. وعلى ذلك فإنه يقوم بمهام الصمام الثرميوني. ومن مزايا أجهزة الترانزستور العظمى أنها أكثر إحكامًا وأنه لا حاجة فيها إلى تيار منفصل كما هي الحالة في الصمام العادي، وهي لهذا السبب غالبًا ما تستعمل في التجهيزات الكهربية المتنقلة اللازمة في كثير من عمليات التحرك الذاتي.

وتعتبر بعض مظاهر التحرك الذاتي نتيجة طبيعية للتحسينات التي أدخلت على الأجهزة الميكانيكية لتوفير الجهد في المؤسسات الصناعية والتجارية والورش. وتواجه نواحي التقدم هذه حاجتنا إلى مزيد من الإنتاج وإلى مزيد من توفير الوقت. ولكن استعمال الآلة الحاسبة الإلكترونية الذاتية الحركة التي تعرف غالبًا باسم المخ الإلكتروني إنما هو شيء جديد على عصرنا الحالي، ويفتح الطريق لاستعمال أكثر فاعلية بكثير عما عرف من قبل لكل من الموارد المائية والبشرية. وليس هناك بالطبع افتراض قد بأن المخ البشري لن نعود في حاجة إليه. إن نواحي التقدم التي تمت في ميدان التحرك الذاتي إنما هي في الحقيقة من الحوافز التي تستدعي قدرة أعظم على الابتكار، ومهارة أكثر، ودرجة عظيمة من التلاؤم مع الظروف الجديدة.

وهناك نوع من الآلات الحاسبة يعرف بالحاسبة الرقمية، وهو نوع على درجة كبيرة من التعقيد. ويرجع المبدأ الأساسي الذي تقوم عليه هذه الآلات إلى المعداد، أو إطار العد، وإلى تألية([1]) ذلك المبدأ في المكنات الحاسبة

([1]) تحويله إلى نظام آلي (المترجم).

الأولى التي ابتكرها شارلز باباج (١٨٩٢– ١٨٧١) وهناك بعض أجزاء من آلاته محفوظة في متحف العلوم في سوث كينسينجتون. والحاسبة الرقمية مصممة بحيث تعد أو تلفظ أشياء متباينة في أنواعها، سواء كانت ثقوبًا في بطاقات أو نبضات كهربية أحادية، وفي الحقيقة يمكن التعبير عن أي شيء بالأرقام، ثم بعد ذلك. وهذا هو الميدان الذي يستعمل فيه الصمام الثرميوني أو الترانزستور، إذ أنه يسمح بمرور تيار كهربي أو يمنع تيارًا من المرور. ولذلك فهناك مادة مناسبة ذات طبيعة متباينة تستسلم للحساب الرقمي، ويجب التعبير عن الأعداد طبقًا للمقياس الثنائي بدلاً من المقياس العشري العادي، وبعد ذلك يمكن معالجتها بواسطة الحاسبة. إن نفس طبيعة الإشارات الكهربية كوحدات، وانعدام وزنها، وسرعتها، تجعل الحاسبة الرقمية الحديثة مختلفة اختلافًا شاسعًا عن الآلات الحاسبة الأولى التي كانت تعتمد على الحركات الآلية لروافع صغيرة كانت أحيانًا ما تخطئ وفي حاجة دائمة إلى التشحيم.

وهناك نوع آخر من الأجهزة الإلكترونية مستعمل في عمليات التحرك الذاتي وهو الحاسبة القياسية. وتمثل الأعداد في هذه الآلة لا بمقادير متغيرة بل بمقادير مستمرة، وعلى هذا فكما أن الطول في المسطرة الحاسبة يمثل لوغاريتم عدد من الأعداد، فكذلك تمثل الأعداد في الحاسبة القياسية بالأطوال أو بزوايا الدوران أو بالفولتات. وتتجمع في الحاسبة القياسية دوائر إلكترونية متعددة بحيث تشابه تتابعات سلوكها سلوك الجهاز الآلي الذي تسجله أو تتحكم فيه. ويعمل الجهازان الكهربي والآلي في الحقيقة وفقًا لنفس مجموعة العلاقات الرياضية التي تعبر عنها مجموعة من المعادلات المتماثلة. ولذلك فمهمة العقل البشري المتحكم في الحاسبة تجزئة المسألة

المراد حلها إلى أجزائها التي تتكون منها بحيث يمكن التعبير عنها كمعادلة. ومهما استعمل أي نوع من الحاسبات، فإن العمل المبدئي من تخطيط أو وضع برامج، كما يدعى، إنما يقع على عاتق مجموعة من علماء الرياضيات والخبراء في العمل الخاص الذي يقام به. وبعد ذلك يتولى العمل جماعة التشغيل وفنيو الصناعة.

وتستعمل الحاسبات القياسية بنجاح في آلة تسنين الكلمات(1) وذلك في الصناعات الكهربية والموسيقية في بريطانيا العظمى. ويتم التحكم في هذه الآلة بواسطة شريط مثقوب، ويتكون التخطيط البرنامجي من مجموعة من الإحداثيات تطابق الأوضاع اللازمة لسكين التفريز. ويوضع في نوع آخر من آلات التفريز التي تدار إلكترونيًا نموذج للشكل المراد نسخه في وضع يمكن به تتبع سطحه الكلي بواسطة آلة حساسة تسجل الاختلافات البسيطة في الضغط بواسطة إشارات كهربية. وتحرك هذه بواسطة ما يسمى بالتحكم الآلي البعيد سكين التفريز الذي يلمس النموذج لمسًا بسيطًا، وبهذه الطريقة يمكن القيام بنسخ معقد ذي ثلاثة أبعاد بطريقة دقيقة.

ولا تستعمل الحاسبات الإلكترونية فحسب لإدارة عدد الآلات، بل أيضًا في العمل المصلحي لتقليل الجهد إلى الحد الأدنى ولضمان دقة التسجيل. ونذكر على سبيل المثال لذلك الجهاز الذي ابتكره ج. ليونز الإلكتروني(2)، ويحسب هذا الجهاز مرتب عشرة آلاف موظف في حوالي أربع ساعات. ويعالج ليو أيضًا طلبات محلات شاي ليونز من المخابز، ويقوم بما يتطلبه هذا من تدوين كل ما يختص بتعبئة ونقل الكعك والفطائر، ويقوم

(1) أي أقراص التنظيم المحولة (المترجم).

(2) كان المثال النمطي لذلك هو الجهاز الحاسب الكبير، وادساك، المصمم في كمبردج.

في الوقت نفسه بعمل الميزانية. وهناك جهاز إلكتروني آخر معقد ذو أهمية خاصة لحاملي السندات ذات الأقساط وهو الجهاز الإلكتروني لبيان الأعداد بطريقة عشوائية، واسمه الدارج المعروف به هو أرني. وهو مصمم بحيث يسجل صدمات الإلكترونات التي تحدث صدفة في أنبوبة تفريغ، وبذلك يعطي نخبة من الأعداد جزافًا وتطبع أجهزة الحساب اللازمة الأعداد المطلوبة أوتوماتيكيًا.

وتظهر بوضوح طرق التحرك الذاتي المستعملة في مشاكل الإدارة وكذلك في أساليب الإنتاج في صناعة البترول. وتشكل ظروف التوليد الكهربائي والنقل الجوي والمائي على أعلى مستوى تخطيطي في الصناعات المعدنية مجموعة معقدة من المتنوعات لا بد من إيجاد أفضل الطرق لاستعمال مواردها. وأحيانًا ما تستسلم هذه المشاكل لتخطيط البرامج واستخدام الحاسبات. وكذلك فإن استعمال الحاسبات الإلكترونية في المقادير الهائلة من البيانات التي تتطلبها العمليات المختلفة في مصنع فني هائل من شأنه تيسير وسائل الاتصالات داخل هذا المصنع. وتباشر في معمل تكرير البتول نفسه إدارة كثير من العمليات الكيماوية من حجرة المراقبة المركزية، ويمكن للناظر أن يقرأ بالضبط من آلات مختلفة وهو جالس في مكتبه كيف تعمل بعض الآلات الميكانيكية في مختلف أجزاء المصنع. وتسجل القياسات الطبيعية مثل الضغط واللزوجة وتجرى طبقًا لذلك التعديلات بالنسبة لوضع آلات القيادة. وتقع مهمة وضع تخطيط برنامج معمل التكرير على عاتق أخصائي في الرياضيات. إنه يفرز البيانات ويكون المعادلات التي لا بد من حلها بواسطة حاسبة إلكترونية. ويستسلم جمع

غفير من المشاكل الأخرى الخاصة بمصادر التموين وتسويق الناتج النهائي للحساب الإلكتروني.

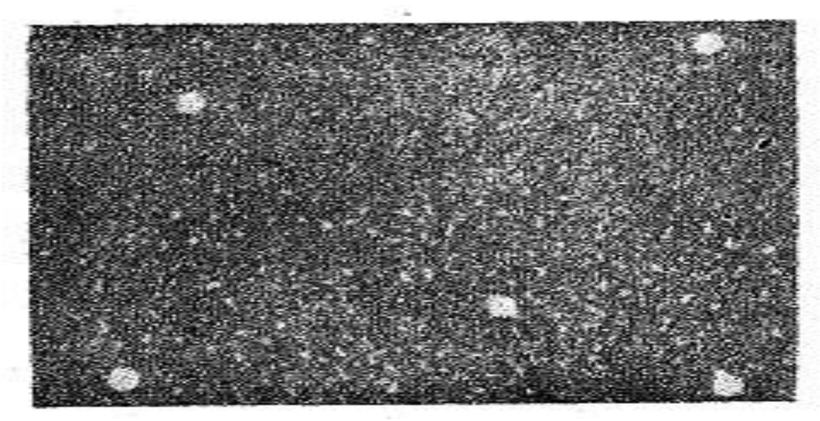
وتعتبر الحاسبة الإلكترونية في الأمثلة التي أوردناها امتدادًا لقوى الإنسان الحسابية، كما اعتبرت الآلة امتدادًا لليد البشرية، والمجهر امتدادًا للعين الإنسانية. ولكن الأجهزة الإلكترونية في استطاعتها أيضًا اختزان البيانات، وبذلك تعتبر امتدادًا للذاكرة الإنسانية. وأبسط طريقة هي تسجيل علامات على شريط أو قرص مدرج. ويمكن اختزان مثل هذه العلاقات لمدى غير محدود، وتتكون منها ذاكرة الحاسبة. ويمكن كذلك جعل الحاسبة تستجيب لعلامات من حجم معين، وتنبذ كل ما عداها. وهي بذلك تمارس نوعًا بدائيًا من التمييز، وتشكل بذلك امتدادًا آخر لقوى الإنسان. ومما لا شك فيه أن ما تم من تقدم في الأجهزة الحاسبة الإلكترونية يقع في دائرة النظام الجديد لعلم الأعصاب الإلكترونية، ذلك العلم الذي يختص بأجهزة التحكم والقيادة في البشر والآلات.

لوحة رقم ٣٥



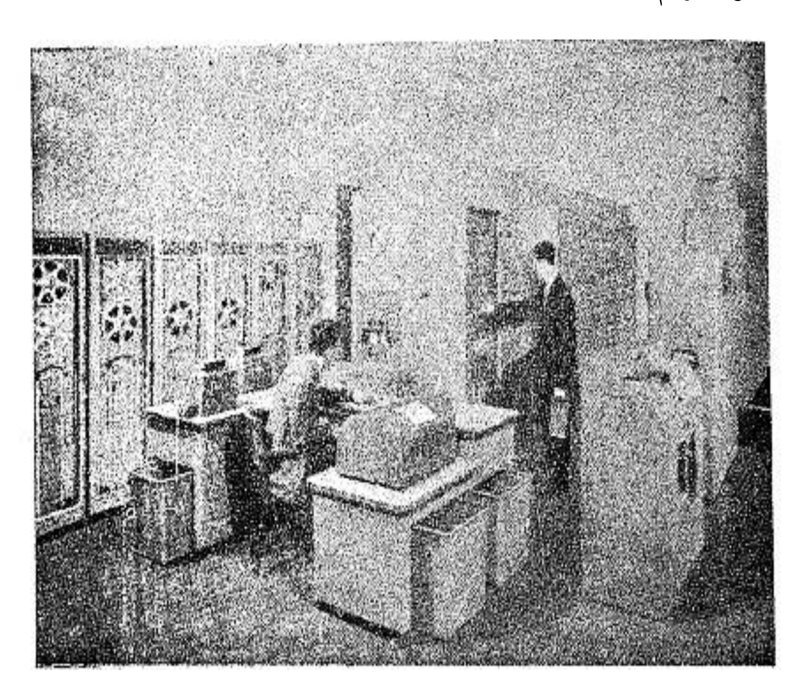
بلورات من هذا الفيروس تحتوي كل بلورة ملايين من الدقائق الفيروسية منفذة تنفيذًا هندسيًا دقيقًا بجانب بعضها البعض

التهاب المادة السنجابية في النخاع الشوكي



هذه الكرات الزغبية المظهر إنما هي عبارة عن دقائق من أول نوع من فيروسات التهاب المادة السنجابية في النخاع الشوكي من خلال مجهر إلكتروني

لوحة رقم ٣٣



جهاز فيرانتي بيرسيس لتنسيق البيانات.. في الوسط الحاسبة الأساسية، وفي الخلف على اليسار جهاز التشغيل. وفي الخلف على اليمين وحدات الأشرطة الممغنطة والبطاقات المثقوبة. ونرى وحدات الأشرطة الممغنطة في واجهة الصورة الأمامية من اليسار، ووحدات فراغات البطاقات المثقوبة في واجهة الصورة الأمامية من اليمين.

٢- أبحاث الفضاء

إن تقدم العلم الخاص بطبقات الجو العليا يتوقف أولاً على تصميم صاروخ مناسب يصل إلى الطبقات العليا المراد ارتيادها، ويمكنه حمل آلات التسجيل الضرورية. والصواريخ الخاصة بهذا النوع من الأبحاث إنما هي في الحقيقة قذائف ينبعث منها تيار نفاث ذو سرعة عالية فور انطلاقها. ويحمل رد فعل هذا التيار النفاث الصاروخ في المرحلة الأولى من انطلاقه، وهذا

المبدأ مماثل لذلك المبدأ الذي تسير الطائرات النفاثة بمقتضاه، ألا وهو تساوي كمية الحركة كما هو مبين في قانون نيوتن الثالث. ولكن على الرغم من بساطة المبدأ، فقد تطلب الأمر قدرًا كبيرًا من الجهد لبناء صاروخ يكون ذا فائدة في أعمال الارتياد. إن الصاروخ ف٢ ثبت أنه باهظ التكاليف، وكان وقوده الأكسوجين السائل والكحول المشتعل بسرعة هائلة، كما كان الأمر يحتاج إلى ثلاثين رجلاً لإطلاقه. وابتكر الأمريكيون بعد ذلك صاروخًا أقل تكاليف، الراكون، الذي أطلق من مناطيد بلاستيكية من ارتفاعات تبلغ خمسة عشر ميلاً. وبمثل هذه الوسائل استطاعوا الحصول على عينات من الهواء من الطبقات العليا ومن قياس سرعة الريح على ارتفاعات عالية متفاوتة.

ومن الضروري في كثير من أمثال تلك التجارب الإلمام بموقع الصاروخ أثناء سباحته في الفضاء وتحقيقًا لهذا الغرض يجهز موقع الإطلاق بآلات بصرية تسجل ارتفاع الصاروخ المنطلق بالنسبة للأفق، وهناك أيضًا أجهزة رادار يمكن بواسطتها مشاهدة موقع الصاروخ على شاشة. ويحمل الصاروخ نفسه آلة تصوير الأراضي، وآلات لتسجيل التغيرات في مجال الأرض المغنطيسي. وقد أبانت التجارب الصاروخية بالفعل أن الشمس ينبعث منها لا الضوء المرئي فحسب، بل أيضًا أشعة سينية لطيفة – أي ضوء غير منظور – وقد يوضح المزيد من الجهد تألق الهواء الغريب نهارًا وليلاً ويزيد معلوماتنا عن الطيف الضوئي للشمس وعن الأشعة الكونية والشهب.

وربما كان أعظم حدث أثار الاهتمام في أبحاث الفضاء هو نجاح الروس في إطلاق أقمار صناعية ثقيلة إلى الفضاء اتخذت لها مدارات حول الأرض، وكان قمرهم الصناعي الثاني أثقل ست مرات من القمر الأول، ومزودًا لا بآلات فحسب، بل بمسجل حي– ألا وهو الكلب. ومع ذلك فليست

هناك إلى الآن وقائع كافية لتقدير قيمة الأقمار الصناعية. ولكن رد الفعل الأول الذي أحدثه هذا كان إعجابًا بالعمل الفني العظيم الذي أبداه الروس أن كون الأقمار الصناعية قد استمرت في مدارها حول الأرض، وإرسال أجهزة الإرسال اللاسلكية التي تحملها إشارات تنبئ من قبل بذبذبتها يعد انتصارًا في ذاته. ومع أن جهاز إرسال القمر الصناعي الروسي الثاني كان سريعًا فوق العادة، إلا أن رجال الأرصاد في كمبردج وفي محطة جودرل باند بجامعة منشستر تتبعوا تحركه في مداره.

وهنا نجد حلقة اتصال مهمة مع العاملين في ميادين أخرى. إنه من المعروف الآن أن النجوم لا ينبعث منها نور منظور فحسب، بل أيضًا إشعاعات أخرى لا يمكن كشفها بواسطة تلسكوب بصري. وبعض هذه الإشعاعات طول موجاتها أقصر من طول موجات الضوء، وبعضها ذات موجات أطول من موجات الضوء من نوع موجات اللاسلكي. ونشأ عن دراسة هذه الموجات الأطول ما يعتبر في الواقع علمًا جديدًا، ألا وهو الفلك اللاسلكي. ومع ذلك فإن الغلاف الجوي يقف حائلاً دون جميع الإشعاعات الصادرة من النجوم عدا الضوء وموجات اللاسلكي القصيرة، ولذلك لا بد من القيام بدراسات للإشعاعات الأخرى من فوق الغلاف الجوي، ومن المتوقع في هذا الميدان أن يلعب القمر الصناعي دورًا مهمًا لا في جعل الدراسات الفلكية اللاسلكية تمتد إلى الموجات الطويلة، بل إلى ارتياد ميادين الأشعة دون الحمراء، وفوق البنفسجية، والأشعة السينية، وأشعة جاما.

وقد أطلق الروس أول قمر صناعي في أكتوبر ١٩٥٧وأرسل الأمريكيون في السنة التالية صاروخًا، سمي باسم الرائد، سقط بعد أن وصل إلى ارتفاع هائل بلغ ٧٩٠٠٠ ميلا إلى الغلاف الجوي ثانية وتفكك. وفي

أوائل عام ١٩٥٩ أرسل الروس الصاروخ لونيك الذي قالوا أنه مر على بعد ٥٠٠٠ ميل من القمر، وأحرز العلماء الروس في نفس العام بعد ذلك نجاحًا مبينًا بإطلاق صاروخ هبط على القمر في الوقت المتنبأ به بالضبط تقريبًا.

وتبدو الرحلات إلى القمر كرحلات جيولز فيرن وبعض كتابات هـ. ج ويلز، ولذلك فمن المستحسن أن نوجه السؤال الآتي: أنتج شيء ذو قيمة عن أبحاث الفضاء التي تمت إلى الآن؟ هل الإعداد للمزيد من الرحلات الفضائية أمر يستحق العناء؟ إن هذين السؤالين ألقيا أثناء نقاش دار تحت رعاية الجمعية الملكية في نوفمبر ١٩٥٨ ويبدو أنه قد تحققت بالفعل نتائج مؤكدة، فقد زودتنا استقصاءات الصواريخ والأقمار الصناعية بحقائق عن درجة حرارة الغلاف الجوي للأرض وكثافته، كما صححت التقديرات السابقة لأبعاد الأرض. ويبدو الآن أنه يوجد في الأيونوسفير تلك المنطقة ذات الغازات المتأينة التي تحيط بالأرض تدرج شديد في درجات الحرارة مما يشير إلى مصدر هائل من مصادر الطاقة ربما كان صادرًا من الجو الخارجي للشمس. وكذلك فإن البيانات المستقاة من الأقمار الصناعية الاستكشافية للولايات المتحدة تبين وجود طبقة من الإشعاعات حول الأرض ناتجة عن الشمس لا عن الأشعة الكونية وتبلغ إشعاعات هذه المنطقة أقصى درجات شدتها في منطقة تبعد عنا قدر نصف قطر الأرض مرتين، وتمتد إلى بعد يبلغ ثمانية أمثال نصف قطر الأرض، وقد سمي هذا الحزام باسم حزام إشعاع فان ألن.

وقد انصب كثير من النقاش الذي دار في الجمعية الملكية على نوع المشاكل التي يمكن لأبحاث الفضاء أن تتناولها بالفحص، وعلى ذلك فإن الأقمار التي رجعت سالمة إلى الأرض قد تكون قد حطمت معها معلومات عن الأشعة الكونية. ومن الممكن تجهيز الصواريخ التي تدور حول القمر

بأجهزة تلفزيونية تستكشف سطح القمر. ويمكن استقصاء الأحوال السائدة في المريخ بآلات يمكن بها الكشف عن أنواع من الحياة قد توجد هناك. وقد تفتح التلسكوبات التي تقوم بعملها من فوق الغلاف الجوي ميدانًا جديدًا كل الجدة. ويبتكر علماء الفيزياء الآن بالفعل آلات دقيقة لمشاهدة سفن الفضاء من الأرض، وسيسجل نوع جديد من التلسكوب اللاسلكي الذي أقيم في مؤسسة الرادار في مالفيرن مواقع الأقمار الصناعية بدقة أعظم مما هو ممكن بواسطة الأجهزة الموجودة.

إن مثل تلك الأفكار ذات أهمية لنا جميعًا، وقد يتمخض المستقبل عن اكتشافات مدهشة. وليراودنا الأمل أنه في ارتياد الفضاء الخارجي حيث لا يمكن للدول أن تخاطر بإدعاء ملكيته سيكون هناك تنسيق للجهود كالتنسيق الذي بدأ أثناء الثمانية عشر شهرًا للسنة الجيوفيزيائية الدولية. وقد أسهمت أثناء ذلك الوقت أكثر من ستين دولة في تجميع مجموعة من البيانات التي ستحتل بعد تحليلها وتمحيصها مكانًا في الهيكل العام للمعرفة العلمية التي لا تعرف حدودًا. وعلاوة على ذلك فإن الإخلاص الذي تجلى بين الشرق والغرب خلال ما بدا من نشاط أثناء السنة الجيوفيزيائية الدولية قد تردد صداه في المجلس الأوربي للأبحاث النووية في جينيف. وجهاز سنكروسا بكلترون الجبار وهو جهاز مصمم لإنتاج جسيمات نووية ذات طاقة عالية هو ذاته إحدى نتائج التعاون بين الأمم، وقد صنعت أجزاؤه الرئيسية في فرنسا وألمانيا وسويسرا وبلجيكا والسويد وهولندا والدنمرك. ويمكن لعلماء الفيزياء من مختلف الممالك اغتنام فرصة وجودهم في جينيف للإطلاع على هذا الجهاز وتنسيق ما وصلوا إليه من نتائج. وعلى ذلك يمكن لممثلي البلاد

الذين كانوا يومًا ما أعداء ألداء في الحرب أن يتقابلوا على أرض محايدة لأغراض السلام.

٢- أثر العلم

إن لنا أن نسأل أنفسنا وقد وصلنا إلى هذه المرحلة: ما تأثير العلم التطبيقي الحديث على الشخص ذي التفكير العادي من رجل أو امرأة؟ وما هي المشاعر التي تثور في نفوسهم حينما يقرأون عن صواريخ الفضاء والقذائف والقوة النووية؟ لقد وضعت هذه المسألة على بساط البحث بواسطة جماعة للبحث كونتها منظمة الصحة العالمية، إذ أنها مشكلة ملحة في حياتنا المتغيرة اليوم.

وقد أظهرت جميع التقارير الواردة من ممالك متعددة ومن الآراء الرسائل التي تتلقاها الصحافة أن الخوف منتشر انتشارًا واسع المدى خشية أن تنطلق القوة النووية التي استعملت مرة لإلقاء قنبلة على هيروشيما من عقالها بطريقة مدمرة أشد بكثير فتدمر قارة بأكملها، وعندئذ يهلك الغزاة مع فرائسهم في بيداء مملوءة بالرمضاء. وليس هناك رعب من مثل تلك الحرب فحسب، بل هناك أيضًا ذلك الخوف البدائي من المجهول، إذ يخشى الناس أن أي عبث بقوى الطبيعة قد يعني تأثيرًا عكسيًا، وذلك منذ اكتشاف نواة الذرة والتنبؤ بأن مكنوزات لا حد لها من الطاقة من الممكن انطلاقها من الذرة. وهذا شبيه بالخوف الذي كان أجدادنا يشعرون به حينما كانوا يبصرون مذنبًا يتألق عبر السماء أو يسمعون زمجرة العاصفة المرعبة. هناك أيضًا من يقول أن العلم تجاوز حده، وأن الإنسان قد ملأه الغرور بما أتم من إنجازات، وأن عجرفته ستسرع به إلى الهاوية. وهناك أيضًا تلك الأفكار الزاخرة بالأمل

وما يدور في خلد الناس من أن العلم يزداد يومًا عن يوم مزدهرًا باطراد، وأن القوة النووية ستدير آلات العالم كلها وتجعل الناس يجلسون هادئين يستمتعون بحياتهم. وهناك أيضًا من يصور رجل العلم كأخصائي منقطع الصلة بالناس لا يحس بما في الحياة الثقافية من مقومات بديعة ومختص بالقياسات فحسب، ويرى بعض الناس كما يرى كيتس[١] أن العلم:

سيفتح مغاليق الأسرار كلها بدقة/ ويطهر الأجواء الموبوءة ويخرج الكنوز المخبوءة

ولكن لا داعي للوجل، فالعلم لا يختص بأمور خارجة عن ميدانه. ويتابع الإنسان أبحاثه في مختلف ميادين النشاط البشري العظيمة الأخرى من دين وفلسفة وفنون بطرق مختلفة.

٤- حدود العلم

ترجع العداوة تجاه العلم إلى نظرة خاطئة عن مداه ومهامه. إن الإنسان محب دائمًا لاستطلاع الدنيا التي تكتنفه، وقد دفع به هذا الحافز إلى احتقار مباهج الحياة وإلى أن يقضي أيامًا كادحًا باحثًا عن الحقيقة. ويزخر سجله بالفشل كما يزخر بالأعمال المجيدة ويبين تاريخ لثلاثمائة عام الأخيرة أن البناء الحقيقي للعلم إنما بدأ فحسب حينما تعلم الناس قصر استقصاءاتهم على موضوع جلي واحد. ونحكم الآن نتيجة لهذا التحديد الدقيق على النتائج التي يصل إليها العلم طبقًا لمقدار تناسقها ضمن مجالها الخاص، وتستعمل تلك المبادئ العامة المستقاة من الخبرة والتي تتكون منها قوانين

---

(١) هو الشاعر الإنجليزي العظيم (١٧٩٥- ١٨٢١) الذي نظم على الرغم من موته المبكر في سن الخامسة والعشرين عددًا من القصائد لا تفوقها قصائد أخرى في غزارة الخيال وجمال الفكرة.

علمية كوسيلة للمزيد من الأبحاث، وتنبذ عند ظهور عدم جدواها. إنه لا يوجد هناك إطلاقًا أي قول بأن هناك مبدأ قاطعًا، ولا أي إدعاء بوجود حق مطلق.

وفي الحقيقة أن ما يعلنه العلم من نظريات يتحدد طبقًا لمدى الخبرة الخاص بالموضوع المعالج. وتقتصر أقواله في بعض الأحيان على مجرد افتراضات: إذا حدث هذا وهذا، إذن ينتج هذا وهذا. وفي داخل دورة من مثل هذه الافتراضات يمكن لمختلف الباحثين أن يتعاونوا ويوثق بالتنبؤات التي يكونونها، وبمعنى آخر فإن العلم ما هو إلا وصف للخبرات أكثر منه تفسير لها، وزيادة على ذلك فهو وصف داخل مجال محدود، لا مجال فيه لأي تقييم للمقاييس الأخلاقية والجمالية.

وفي تدبيجه لمثل هذا الوصف يستخدم العالم مفاهيم كمفاهيم الكتلة والطاقة والإلكترون والنيوترون التي تستخدم كنوع من الاختزال لتوثيق الترابط بين الظواهر المشاهدة. وقد تبرهن تلك المفاهيم التي يستعين بها العالم على نقصها، ولكنها مع ذلك تؤدي غرضًا نافعًا. فلقد رأينا في الفصل العاشر كيف أن نظرية السيال الحراري أدت خدمة قيمة لبلاك وغيره من العاملين في القرن الثامن عشر، ولكن النظرية نبذت حينما تكشفت معلومات أخرى. وكانت الكهرباء أيضًا معتبرة كسيال واحد وأحيانًا كسيالين. وقد استخدمت نظرية السيال الكهربي لوصف الظواهر التي كانت معروفة حينئذ. وعلى الرغم من أن مثل تلك النظرية غريبة علينا اليوم، إلا أنها لم تمنع بريستلي من صنع آلات كهربية مفيدة، كما لم تمنع فرانكلين من اجتذاب برق السحاب.

وإننا لنجد في الحقيقة أن تقدم العلم قد تضمن دائمًا مثل هذا التغيير من نظريات تهمل إلى تخليقات صناعية تدمر وتحلل من جديد. ومع ذلك فالعلم لا يتكون من فروض من هذا القبيل ولا من قوانين غير مترابطة، إذ أن العالم يعمل وهو مؤمن بأن وراءه ما سماه هويتهد سنة الطبيعة. وهذا الإيمان القائم على تلك المبادئ العامة المنفصلة عن تجاربنا وتجارب زملائنا إنما هو شيء خارج عن دائرة العلم خاص بالفلسفة. ومع ذلك فبصفته إيمانًا ليس شيئًا حقيقيًا فحسب بل إنه نور يهتدي به كثير من العاملين العلماء الذين يدركون أنه على الرغم من الإنجازات الفذة لهذا الفصل التي لم يسبق مثيل لها، فإنهم مازالوا في ميدان القوانين الرئيسية يتحسسون طريقهم في الظلام.

٥- ما أمامنا من عمل

لقد اعتاد نقاد حياتنا اليوم أن يقولوا أنه بما أن العلم قد أدى إلى التحرك الذاتي وإلى صناعة البضائع المادية بتكاليف قليلة وبمكيات هائلة، فإن الحياة ستصبح هنيئة مريحة. إنهم يقولون أن الإنسان ستجف ينابيع جهوده وسينحل نتيجة لهذا الضمور في قواه. قد يكون الأمر كذلك، ولكن أولئك الذين ينظرون بعين الحنين إلى الماضي يجب أن يتذكروا أنه مقابل صانع ماهر واحد سعيد الحظ كان يتقن عمله كان هناك مئات من المتسولين المصابين بالدرن الذين لا يجدون عملاً قط، وأنه حول كل بلاط في القرن الثامن عشر حيث كان الأمير أو الدوق الحاكم يرعى الفنون وينشئ بطانة من رجال العلم الظرفاء كان الجزء الأعظم من الرعية يقضون حياتهم في كفاح من أجل الحصول على قوتهم اليومي.

أما اليوم فالصورة مختلفة: هناك فقر مدقع أقل، وامتيازات أقل ومساواة أكثر، وهناك بعض الخسائر كما هناك بعض الأرباح. ومع ذلك فمن المحتم أن يعترف أدق النقاد أن العلم التطبيقي قد خفف من أعباء الكثيرين وهيأ فرصة واسعة للاستفادة من وقت الفراغ، كما لم يعد ميزة للقلة من الناس. وقد انتشرت مثل هذه التغيرات بسرعة عظيمة في كثير من البلاد الصناعية حتى أصبحت الكتب الآن في متناول الجميع وأصبحت السيارة والراديو والتليفزيون في متناول العامل الذي يتناول أجره أسبوعيًا، وحتى أصبح قضاء الأجازات في الخارج وسيلة عادية للترويح عما يشعرون به من إرهاق وملل.

إن نفس وجود وسائل اللهو في كل مكان على نطاق واسع له تأثير سيئ، فعلى الرغم من أن الإنسان حر في استعمال وقت فراغه كما يشاء، إلا أنه كائن ذو عادات ويميل إلى التفكير والتصرف كما يفعل زملاؤه. ولذلك فمن المحتمل أن يتقبل أفكارًا يستقيها من الصحف والراديو والتليفزيون والسينما، أفكارًا قد يرفضها وهو في لحظاته الهادئة. وقد لا تكون مثل هذه الأفكار ذات ضرر مباشر، ولكن التكرار المتواصل قد يثلم نصل قواه الناقدة الحادة.

وقد تحدث بعض التأثيرات من ذات طبيعة العمل الذي تتطلبه الصناعة الحديثة. والآن وقد أزاح التحرك الذاتي عن كاهل الإنسان عبء كثير من مسك الدفاتر ورعاية الآلات، تلك الأعمال المملة، فإن هذا قد لا يستلزم استعماله وقت فراغه الإضافي بحكمة. إنه قد يشعر بتقليل مسئوليته عن البضاعة المصنوعة التي تخرج في النهاية بعد مرورها بين صف من العمال والآلات، ويقدر مجهوده فقط على أساس القدر الذي يتقاضاه مقابل إنتاجه.

ولكن أفي مقدورنا أن نرجع عقارب الساعة إلى الوراء؟ إن تالية العمل، والوحدات الإدارية الكبيرة في الصناعة والحكومة كذلك، يبدو أنها وجدت لتبقى. وسيكون الأمر أمر إيجاد توازن معقول بين حاجة الفرد إلى المسئولية مع شعور بأنه ذو قيمة في العمل الذي يقوم به، وبين القدر الضروري من الرقابة المنظمة التي تتطلبها إدارة مصنع أو مصلحة أو عمل تجاري. إنه لا بد من إيجاد حل إذا كان من المحتم ألا يلغي التحرر من الفاقة والكد المفرط بواسطة فقدان حرية الجهد الإنساني الثمينة.

أسيقوم الإنسان بهذا من تلقاء نفسه؟ لقد قال باسكال([١]) منذ ثلاثة قرون أن الثورات تغير كل شيء إلا قلب الإنسان. هل لنا أن نتفق معه ونتوقع أن يكون الإنسان أنانيًا دائمًا متصفًا بالروح العدوانية، مستعدًا أن يكون إمعة يجري وراء آلهة كاذبة؟ أفي استطاعة الإنسان أن يتعلم بعض السيطرة على نفس تلك النظم التي تشكل حياته؟ إن علم النفس الاجتماعي في أولى مراحله فقط، ولا تتطلب الأبحاث الخاصة بعلاقات الإنسان بزملائه أمانة الطريقة العلمية التامة فحسب، بل تتطلب الحكمة المكتنزة لفلاسفة الماضي العظام أيضًا.

إن الأمل يأتي من العلم ذاته الذي يأمرنا أن نلقي نظرة فحص طويلة على الزمن. إنه من المقدر أن الإنسان قد أخذ يستقر في مجتمعات زراعية ثابتة بعد ما يقرب من ستة آلاف سنة من تعلمه استخدام العدد والآلات. ولذلك فمدنيتنا الحالية التي تعتمد بدرجة كبيرة على العلم الذي نشأ خلال الثلاثمائة سنة الأخيرة إنما هي طور حديث من أطوار تاريخنا. إن لدينا الكثير

([١]) الفيلسوف الفرنسي الشهير (١٦٢٣– ١٦٦٢)، الذي كان عالم رياضيات ممتاز، واخترع آلة حسابية تدل على عبقريته كما قام بتجارب علمية في علم إستاتيكا السوائل وعلم الموائع المرنة (المترجم).

مما يدعونا إلى تأنيب أنفسنا لاستغلال علمنا التطبيقي في الحروب المهلكة، وللأحقاد والشكوك الدولية ولا لانصياعنا لمشيئة مستبد ظالم. ولكن إذا تجنب الإنسان حربًا نووية فقد يتحسس طريقه إلى قدر من الاستقرار، ويتعلم كيف يعيش في سلام مع زملائه. قد يستغرق هذا وقتًا طويلاً إذا حكمنا على ذلك بمقتضى سرعة أجدادنا الغابرين. وسيكون الثمن لذلك، كثمن الحرية، اليقظة الدائمة، وذلك لأن أطفالنا، فإنهم سيفعلون ذلك فحسب على هدى النور الذي يتلقونه منا.

توضيحات

أ- لوحات

رقم	موضوع اللوحة
١	صفحة من الجيل قديم مطبوع
٢	رسم الأطراف من مذكرات ليوناردو
٣	رسم قلب مشرح لليوناردو
٤	صفحة عنوان كتاب فيساليس العظيم المطبوع عام ١٤٥٣
٥	تشريح الجسم من كتاب تركيب الجسم البشري
٦	رسم توضيحي لمفهوم الكون في العصور الوسطى
٧	تجارب هارفي على سواعد أناس أحياء مربوطة بضمادات
٨	مجهر هوك
٩	أشكال رسمها هوك لكائن حي كان عشبًا بحريًا، وورقة دزمار وقطعة قماش حسب ما رآه تحت المجهر
١٠	نصفا كرة ماجديبيرج
١١	تجارب بويل بالبارومتر
١٢	صفحة عنوان الطبعة اللاتينية لكتاب بويل "الكيميائي المرتاب" عام ١٦٦٨
١٣	أقدم صورة لاجتماع جمعية العلماء
١٤	ديكارت على مكتبه

<table>
<tr><td>١٥</td><td>صهر الحديد</td></tr>
<tr><td>١٦</td><td>آلة بخارية قديمة لرفع الماء</td></tr>
<tr><td>١٧</td><td>قطار قديم للركاب ١٨٣٩</td></tr>
<tr><td>١٨</td><td>آلات ميكانيكية قديمة للغزل</td></tr>
<tr><td>١٩</td><td>منزل ريفي على نمط الأحوال السائدة قبل الثورة الصناعية</td></tr>
<tr><td>٢٠</td><td>معمل لافوازييه</td></tr>
<tr><td>٢١</td><td>معمل كيمياء</td></tr>
<tr><td>٢٢</td><td>التجارب الأولى على التيار الكهربي</td></tr>
<tr><td>٢٣</td><td>دالتون يجمع غاز المستنقعات</td></tr>
<tr><td>٢٤</td><td>رسم توضيحي قديم وطبيعي جدًا لنبات</td></tr>
<tr><td rowspan="2">٢٥</td><td>(أ) شريحتان لعضلة إنسان وجلد دودة أرضية تحت المجهر</td></tr>
<tr><td>(ب) الخلية البيضية لقوقع</td></tr>
<tr><td rowspan="2">٢٦</td><td>(أ) خلايا دم الإنسان</td></tr>
<tr><td>(ب) البكتير العنقودي "السبحي"</td></tr>
<tr><td>٢٧</td><td>استخدام الأشعة السينية في فحص صورة</td></tr>
<tr><td>٢٨</td><td>صورة أشعة سينية لإصبع إنسان</td></tr>
<tr><td>٢٩</td><td>طبق الزرع الأصلي الذي شوهد عليه أثر البنسلين</td></tr>
<tr><td>٣٠</td><td>نموذج للنيلون البلوري</td></tr>
<tr><td>٣١</td><td>التهاب السنجابية: التهاب المادة السنجابية في النخاع الشوكي</td></tr>
<tr><td>٣٢</td><td>جهاز فيرانتي بيرسيس لتنسيق البيانات</td></tr>
</table>

ب- أشكال توضيحية

٢٣	تلسكوب نيوتن العاكس
٢٤	آلة نيوكومن
٢٥	مضخة وات المفردة الاتجاه ١٧٨٨- ١٨٠٠
٢٦	رسوم تبيانية لأنواع قديمة من القاطرات نشرت عام ١٨٣٤
٢٧	أنواع قاطرات ظهرت فيما بعد، من رسوم توضيحية نشرت عام ١٨٣٤
٢٨	نوع الرموز التي استعملها دالتون
٢٩	عمود فولتا، أو البطارية
٣٠	تجربة أورستيد
٣١	مبدأ كهرومغنطيس حدوة الفرس
٣٢	مبدأ الزناد والجرس الكهربي
٣٣	جهاز دلل به فاراداي على الدورات الكهرومغنطيسية
٣٤	تجربة فاراداي التي بين بها التيارات الحاثة
٣٥	أبسط أنواع الدينامو أو الجزء المكمل له، الموتور
٣٦	أبسط أنواع التليفونات، المرسل أو المستقبل
٣٧	توضيح إحدى الطرق التي استعملها جول في تقدير المكافئ الميكانيكي للحرارة
٣٨	قنينة باستير
٣٩	القوى العاملة في الطائرة
٤٠	رسم توضيحي لتصميم المحرك النفاث
٤١	مصادر البرسبكس
٤٢	رسم كروكي لآلة التصوير التلفزيوني
٤٣	صدى الرادار
٤٤	رسم كروكي لمسجلة أشعة المهبط للتذبذبات

الفهرس